A Systematic Review of the Literature on Climate-Adaptive Urban Planning in Smart City Contexts

Background and Problem: In recent decades, climate change and the rapid proliferation of smart technologies have fostered new paradigms in urban management. Despite the high potential of smart cities to enhance urban resilience, the synergies between climate adaptation and smart development—particularly within domestic (Persian) literature—suffer from a lack of cohesive theoretical frameworks and comparative analysis.
Objective: This study aims to provide a comprehensive and comparative analysis of climate-adaptive urban planning within the context of smart cities. By identifying interaction patterns, the research seeks to highlight the existing gaps in local Iranian studies relative to global trends.
Methodology: A Systematic Literature Review (SLR) was conducted, utilizing the Quintuple Helix Model as the primary analytical framework. International data were analyzed using VOSviewer and Excel, while 19 selected Persian articles were examined through qualitative content analysis across three matrices: "Methodology," "Thematic Components," and "Policy Relevance."
Findings: The findings indicate that the Quintuple Helix Model is a robust tool for identifying synergistic opportunities between technology and the natural environment. Comparative analysis reveals that while global literature has shifted toward "socio-technical" integrated approaches, Persian studies remain predominantly descriptive and physical-oriented. Furthermore, domestic research faces significant challenges in applying rigorous theoretical frameworks and translating findings into operational policies.
Conclusion: This research underscores the importance of the Quintuple Helix Model as a bridge between urban innovation and climate adaptation. The results suggest that to move beyond purely physical perspectives in Iran, future research must prioritize integrated, policy-oriented approaches that emphasize the participation of civil society (the fourth helix) and the natural environment (the fifth helix).
Keywords: Smart City; Climate Change; Climate Adaptation; Quintuple Helix Model; Systematic Review; Comparative Analysis.

مرور نظام مند بر ادبیات شهرسازی سازگار با تغییرات اقلیمی در بستر شهر هوشمند

چکیده

بیان مسئله: در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و گسترش فناوری‌های هوشمند، پارادایم‌های جدیدی را در مدیریت شهری ایجاد کرده‌اند. علی‌رغم پتانسیل بالای شهرهای هوشمند در ارتقای تاب‌آوری، درک هم‌افزایی میان انطباق اقلیمی و توسعه هوشمند، به‌ویژه در ادبیات بومی، همچنان با خلأ تحلیل‌های نظری منسجم و تطبیقی روبرو است.

هدف پژوهش: هدف این پژوهش، ارائه یک تحلیل جامع و تطبیقی از ادبیات شهرسازی سازگار با اقلیم در بستر شهر هوشمند است تا از طریق شناسایی الگوهای تعامل، شکاف‌های موجود در پژوهش‌های داخلی نسبت به روندهای جهانی شناسایی گردند.

روش تحقیق: این مطالعه با استفاده از روش مرور نظام‌مند انجام شد. برای تبیین مطالعات، مدل مارپیچ پنجگانه به عنوان چارچوب تحلیلی برگزیده شد. داده‌های بین‌المللی با نرم‌افزار VOSviewer و Excel تحلیل شدند، در حالی که ۱۹ مقاله منتخب فارسی با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و بر اساس سه ماتریس «روش‌شناسی»، «مؤلفه‌های موضوعی» و «سیاست‌پذیری» مورد واکاوی قرار گرفتند.

یافته‌های پژوهش: یافته‌ها نشان داد که مدل مارپیچ پنجگانه ظرفیت بالایی در شناسایی فرصت‌های هم‌افزا میان فناوری و محیط‌زیست دارد. تحلیل تطبیقی آشکار ساخت که ادبیات جهانی به سمت رویکردهای «اجتماعی-فناورانه» حرکت کرده است، در حالی که مقالات فارسی عمدتاً کالبدی-توصیفی باقی مانده و در به‌کارگیری چارچوب‌های نظری منسجم و ادغام ابعاد نهادی و فناورانه با چالش جدی روبرو هستند.

نتیجه‌گیری: پژوهش حاضر بر اهمیت مدل مارپیچ پنجگانه به عنوان ابزاری برای پیوند میان نوآوری شهری و سازگاری اقلیمی تأکید می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که برای عبور از نگاه صرفاً کالبدی در ایران، هدایت پژوهش‌های آتی به سمت رویکردهای یکپارچه، سیاست‌محور و مبتنی بر مشارکت جامعه مدنی (مارپیچ چهارم) و محیط‌زیست (مارپیچ پنجم) ضرورتی انکارناپذیر است.

واژگان کلیدی: شهر هوشمند؛ تغییرات اقلیمی؛ سازگاری اقلیمی؛ مدل مارپیچ پنجگانه؛ مرور نظام‌مند؛ تحلیل تطبیقی.

۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از بحرانی‌ترین چالش‌های قرن حاضر، پایداری زیست‌محیطی و سلامت عمومی را در مقیاس جهانی به مخاطره انداخته است [۵۱, ۵۰]. اثرات سوء این پدیده در سطح بین‌المللی از افزایش مخاطراتی چون سیلاب‌های شهری [۲۲] تا تشدید جزایر حرارتی و تهدید سلامت شهروندان گسترده است [۸۷, ۸۵]. در بستر بومی ایران نیز، پژوهش‌ها حاکی از تشدید آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات اقلیمی نظیر سیل [۱۴, ۱۱]، بحران کمبود آب [۱۰] و رخداد گردوغبار است [۹]. همچنین مطالعات داخلی نشان‌دهنده کاهش تاب‌آوری اکولوژیک در مواجهه با جزایر حرارتی در کلان‌شهرهایی نظیر تبریز است [۷, ۳]. شواهد تجربی در ایران تأیید می‌کنند که بسیاری از شهرها از جمله اصفهان و مناطق جنوب شرق، با چالش‌های جدی در ابعاد کالبدی برای مقابله با این تغییرات روبرو هستند [۱۵, ۱۲, ۶, ۵, ۴].

در پاسخ به این چالش‌ها، پارادایم «شهر هوشمند» در ادبیات جهانی به عنوان راهبردی برای تقویت رقابت‌پذیری و تاب‌آوری ظهور کرده است [۴۴, ۲۱]. فناوری‌های نوین نظیر اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی در مطالعات بین‌المللی به عنوان ابزارهای کلیدی مدیریت بحران شناخته می‌شوند [۸]. در همین راستا، پژوهش‌های داخلی در ایران نیز بر پتانسیل پروتکل‌های هوشمند در مدیریت منابع آب و کنترل رواناب‌های شهری تأکید دارند [۱۹, ۱۰]. علاوه بر این، مطالعات بومی به مفاهیم نوظهوری همچون «متاورس» و نقش آن در سازگاری اقلیمی و پایداری شهرهای آینده پرداخته‌اند [۲, ۱]. به طور کلی، ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند شامل اقتصاد، شهروندان، حکمرانی، حمل‌ونقل، محیط‌زیست و زندگی [۴۴]، بستری یکپارچه برای ارتقای کیفیت زندگی و کاهش اثرات اقلیمی فراهم می‌آورند [۲۵].

با وجود پیشرفت‌های نظری، ادبیات جهانی تأکید دارد که انتقال از مفاهیم انتزاعی به سیاست‌های اجرایی مستلزم درک عمیق پیامدهای خط‌مشی‌های اقلیمی است [۲۹, ۴۶]. پژوهشگران بین‌المللی بر این باورند که شناسایی منافع مشترک میان انطباق اقلیمی و توسعه هوشمند تنها از طریق تحلیل‌های نظام‌مند ممکن است [۴۰, ۲۳]. در ایران، علی‌رغم افزایش تعداد مطالعات، هنوز شکاف‌های قابل‌توجهی در نقشه دانش این حوزه دیده می‌شود [۱۸] و بسیاری از پژوهش‌ها در انتقال یافته‌ها به راهکارهای عملیاتی با محدودیت مواجه هستند [۱۵, ۱۳]. بنابراین، شناسایی نقاط کور پژوهشی و واکاوی وضعیت تحول هوشمند در کلان‌شهرهایی نظیر تبریز ضرورتی انکارناپذیر است [۱۷].

هدف اصلی این پژوهش، انجام یک مرور نظام‌مند بر ادبیات بین‌المللی و فارسی برای شناسایی الگوهای هم‌افزایی میان انطباق اقلیمی و برنامه‌ریزی شهر هوشمند است. برای عبور از تحلیل‌های تک‌بعدی، این مطالعه مدل مارپیچ پنج‌گانه[1] را به عنوان چارچوب نظری برگزیده است. در تئوری‌های جهانی، این مدل با افزودن لایه «محیط‌زیست طبیعی» به تعاملات میان دانشگاه، دولت، صنعت و جامعه مدنی، ابزاری برای تحلیل ترارشته‌ای توسعه پایدار فراهم می‌کند [۳۲]. پژوهش حاضر در پی آن است تا با بهره‌گیری از این مدل، چارچوبی یکپارچه ارائه دهد که ضمن پوشش شکاف‌های ادبیات بومی، مسیر را برای سیاست‌گذاری‌های هوشمند در مواجهه با بحران‌های اقلیمی هموار سازد.

[1] Quintuple Helix

۲- پیوند شهرسازی سازگار با اقلیم و شهر هوشمند

شهرسازی سازگار با اقلیم به عنوان یک رویکرد راهبردی، بر انطباق فضاهای شهری با تغییرات اقلیمی و کاهش آسیب‌پذیری کالبدی تمرکز دارد [۵۱]. در ادبیات بین‌المللی، این رویکرد به دنبال مقاوم‌سازی شهرها در برابر تهدیدات جهانی نظیر سیلاب‌های شهری [۲۲] و مدیریت اقتصادی انطباق تحت شرایط عدم قطعیت است [۳۳]. در بستر پژوهش‌های داخلی نیز، این مفهوم عمدتاً با تمرکز بر ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در محلات [۵]، واکاوی ابعاد تاب‌آوری در مواجهه با مخاطراتی نظیر سیل [۴] و سنجش عوامل مؤثر بر تاب‌آوری بوم‌شناسانه [۱۳] مورد توجه قرار گرفته است.

در مقابل، شهر هوشمند به عنوان بستری فناورانه برای بهبود کیفیت زندگی و ارتقای حکمرانی شهری شناخته می‌شود [۴۴, ۲۱]. از منظر مطالعات جهانی، شهرهای هوشمند آینده با استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی (ICT) به سمت پایداری و مدیریت هوشمند حرکت می‌کنند [۲۴, ۲۵]. در ادبیات فارسی نیز، شهرهای هوشمند به عنوان راهکاری برای مقابله با بحران‌های محیطی نظیر کمبود آب [۱۰]، مدیریت رواناب‌های شهری با استفاده از اینترنت اشیا (IoT) [۱۹] و حتی استفاده از ظرفیت‌های متاورس در سازگاری اقلیمی معرفی شده‌اند [۱].

وجه اشتراک این دو رویکرد در تحقق تاب‌آوری شهری نهفته است؛ با این تفاوت که شهرسازی سازگار با اقلیم «هدف» (پایداری و مقاومت) را ترسیم می‌کند، در حالی که شهر هوشمند «ابزار» و بسترهای لازم برای پایش محیطی و تصمیم‌گیری سریع را فراهم می‌آورد [۴۰]. در مطالعات داخلی بر اهمیت امکان‌سنجی ایجاد این پیوند برای دستیابی به شهرهای پایدار تأکید شده است [۱۲]. بنابراین، ترکیب این دو مفهوم می‌تواند به توسعه راهکارهای هوشمندی منجر شود که در آن فناوری نه تنها یک هدف، بلکه بازوی اجرایی برای تحقق شهرسازی سازگار با اقلیم و سیاست‌پذیر است [۱۵].

۳-مرور ادبیات پژوهش

۳-۱- روندهای جهانی و مفاهیم بنیادین انطباق اقلیمی

در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی به عنوان محرک اصلی بازنگری در برنامه‌ریزی شهری شناخته شده است. ادبیات جهانی تأکید دارد که شهرها به دلیل تمرکز جمعیت و سرمایه‌های فیزیکی، کانون اصلی آسیب‌پذیری در برابر پیامدهایی نظیر سیلاب، موج گرمای شدید و فرسایش سواحل هستند [۳۱, ۳۲]. در این راستا، هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) دو استراتژی مکمل «کاهش»[۲] و «انطباق»[۳] را به عنوان ارکان اصلی سیاست‌گذاری معرفی کرده است [۵۱]. در حالی که کاهش بر تقلیل علل تغییر اقلیم (مانند انتشار آلاینده‌ها) تمرکز دارد، انطباق به معنای فرآیند سازگاری با اثرات موجود یا پیش‌بینی‌شده برای کاهش آسیب‌ها و بهره‌گیری از فرصت‌هاست [۵۱]. با این حال، گزارش‌های علمی نشان می‌دهند که علی‌رغم پیشرفت در تعاریف نظری، هنوز شکاف عملیاتی عمیقی در پیاده‌سازی این راهبردها در مقیاس محلی وجود دارد [۵۴, ۴۹].

۳-۲- وضعیت‌سنجی چالش‌های اقلیمی در پژوهش‌های داخلی ایران

در بستر ادبیات فارسی، تمرکز اصلی پژوهش‌ها بر شناسایی مخاطرات محیطی و سنجش میزان تاب‌آوری کالبدی شهرهای ایران در برابر بحران‌های اقلیمی است. مطالعات نشان می‌دهند که ایران با تشدید مخاطراتی همچون سیلاب‌های ناگهانی [۱۱, ۱۴]، طوفان‌های گردوغبار [۹] و بحران‌های شدید هیدرولوژیک و کمبود آب روبروست [۱۰]. پژوهش‌های بومی در

[2] Mitigation
[3] Adaptation

کلان‌شهرهایی نظیر تبریز و اصفهان، بر ضعف تاب‌آوری اکولوژیک و تشدید جزایر حرارتی تأکید داشته‌اند [۳, ۵, ۷]. برخلاف رویکرد جامع بین‌المللی، ادبیات فارسی در این حوزه عمدتاً خصلت «توصیفی-ارزیابانه» داشته و بیشتر به واکاوی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی در برابر تغییرات اقلیمی پرداخته است [۴, ۶, ۱۳, ۱۵].

۳-۳- شهر هوشمند به عنوان پیشران انطباق (دیدگاه بین‌المللی)

در ادبیات جهانی، پارادایم شهر هوشمند دیگر صرفاً به معنای به‌کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) نیست، بلکه به عنوان ابزاری برای ارتقای کیفیت زندگی و مدیریت پیش‌بینانه[۴] چالش‌های اقلیمی نگریسته می‌شود [۴۵, ۴۷]. مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهند که شهرهای هوشمند پایدار از طریق ادغام سیستم‌های نوآورانه، پتانسیل بالایی در کاهش ریسک مخاطرات و افزایش ظرفیت انطباقی دارند [۲۱, ۲۴, ۲۵]. در این سطح، بر مفاهیمی همچون «دوقلوهای دیجیتال» و «حکمرانی هوشمند» برای پایش بلادرنگ تغییرات محیطی تأکید شده است تا هم‌افزایی میان فناوری و پایداری محیطی محقق گردد [۶۹].

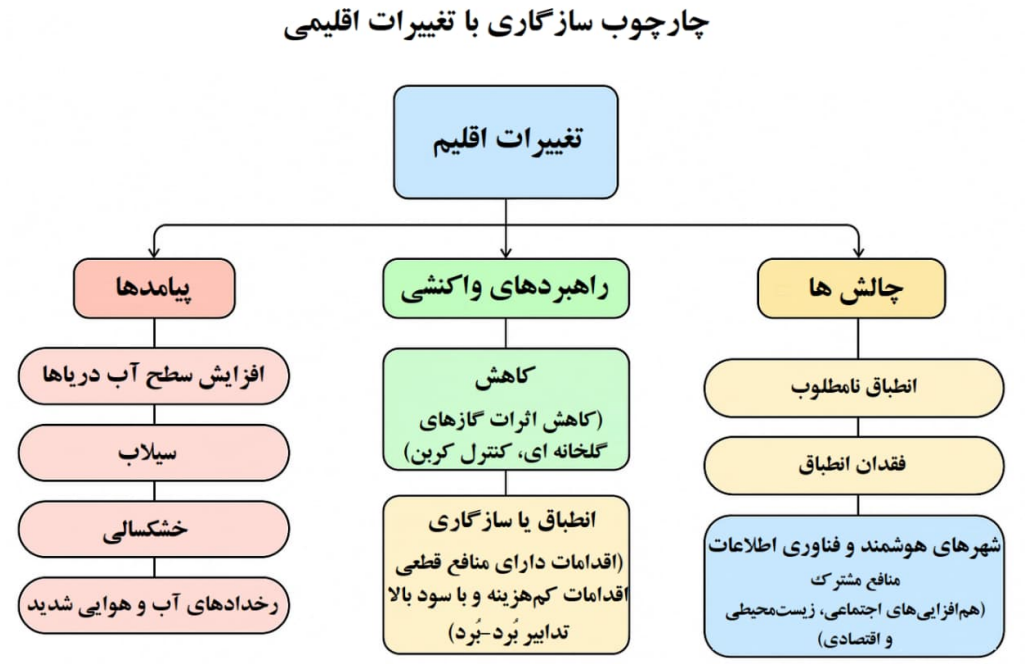
٤-۳- فناوری‌های نوظهور و مدیریت هوشمند در ادبیات فارسی

در سال‌های اخیر، ورود مفاهیم هوشمندی به ادبیات برنامه‌ریزی شهری ایران، چشم‌اندازهای جدیدی را برای مقابله با بحران‌های اقلیمی گشوده است. پژوهش‌های داخلی به پتانسیل‌های اینترنت اشیا (IoT) و پروتکل‌های هوشمند در مدیریت رواناب‌های شهری و بحران کمبود آب پرداخته‌اند [۱۰, ۱۹]. همچنین، مطالعات پیشرو در ایران شروع به واکاوی مفاهیم بسیار نوظهور مانند «متاورس» و نقش آن در ایجاد شهرهای آینده با رویکرد سازگاری اقلیمی کرده‌اند [۱, ۲]. با این حال، تحلیل‌های داخلی نشان می‌دهند که فرآیند تحول هوشمند در کلان‌شهرهای ایران هنوز با چالش‌های زیرساختی و نهادی روبروست [۱۷] و دانش موجود در این حوزه نیازمند نقشه‌برداری دقیق‌تر برای شناسایی پیوندهای میان هوشمندی و تاب‌آوری است [۱۸].

۵-۳- سنتز ادبیات: شکاف در هم‌افزایی هوشمندی و انطباق

علیرغم غنای نظری در هر دو حوزه، شواهد مربوط به هم‌افزایی‌های تجربی[۵] میان «شهر هوشمند» و «انطباق اقلیمی» به‌ویژه در بستر اقتصادهای در حال توسعه، همچنان محدود است [۱۷]. عدم قطعیت‌های موجود در الگوهای اقلیمی لزوم اتخاذ رویکردهای انعطاف‌پذیر را ایجاب می‌کند [۳۴]. پژوهش حاضر با درک این شکاف، در پی آن است تا با استفاده از مدل مارپیچ پنج‌گانه [۳۲]، چارچوبی را ارائه دهد که تعامل میان دانشگاه، صنعت، دولت، جامعه و محیط‌زیست را در راستای تحقق شهرسازی سازگار با اقلیم تبیین نماید.

[4] Anticipatory
[5] Co-benefits



شکل ۱ - چارچوب سازگاری با تغییرات اقلیمی (ماخذ: نگارندگان)

۴-چارچوب نظری پژوهش

۱-٤- مروری بر نظریه‌ها و مدل ها

برای تحلیل هم‌افزایی میان شهر هوشمند و شهرسازی منطبق با تغییرات اقلیمی، انتخاب یک چارچوبی نظری بتواند علاوه بر توجه به نوآوری فناورانه، ابعاد اجتماعی و محیطی را نیز پوشش دهد، ضرورت دارد. در این راستا، چند نظریه و مدل مهم در ادبیات مرتبط وجود دارد که هر یک ظرفیت‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارند [۴۱]:

- **مدل شهر پایدار[6]**

مدل شهر پایدار بر توسعه شهری هماهنگ با اصول زیست‌محیطی، عدالت اجتماعی و بهره‌وری اقتصادی تأکید دارد. این مدل‌ها معمولاً ریشه در گزارش «آینده مشترک ما» (۱۹۸۷) دارند که پایداری را به‌عنوان تأمین نیازهای امروز بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده تعریف نموده است. شهر پایدار در عمل به معنای کاهش مصرف انرژی و منابع، طراحی فضاهای سبز شهری، حمل‌ونقل عمومی کارآمد و ارتقای کیفیت زندگی است [۶۲]. نقطه قوت این مدل در نگاه کل‌نگر به محیط‌زیست و جامعه بوده، و ضعف اصلی آن، فقدان ابزار فناورانه برای پایش داده‌ها و مدیریت بلادرنگ تغییرات اقلیمی است.

- **نظریه تاب‌آوری شهری[7]**

[6] Sustainable City Models
[7] Urban Resilience

تاب‌آوری شهری به ظرفیت یک شهر برای مقاومت، سازگاری یا بازیابی در برابر شوک‌ها و فشارهایی مانند تغییرات اقلیمی، بلایای طبیعی و بحران‌های اقتصادی اشاره دارد [۶۷]. این رویکرد برخلاف مدل‌های سنتی، بر پویایی و انطباق‌پذیری سیستم‌های شهری تأکید دارد و معتقد است که شهر باید بتواند در مواجهه با بحران‌ها، نه‌تنها بقا داشته باشد بلکه خود را بازآفرینی کند. نظریه تاب‌آوری نگاه سیستمی و میان‌رشته‌ای دارد و بر پیوند اکوسیستم‌ها، زیرساخت‌ها و جوامع انسانی تأکید می‌کند. با این حال، نقد اصلی به این نظریه، کلی بودن آن و نبود سازوکارهای اجرایی مبتنی بر فناوری است که بتوانند از مرحله «مفهوم» به مرحله «عمل» گذر کنند.

- **مدل مارپیچ سه‌گانه[8]**

مدل مارپیچ سه‌گانه توسط اتزوکویتز و لیدزدورف (۲۰۰۰) ارائه شد و بر تعامل میان دانشگاه، صنعت و دولت در تولید و کاربرد دانش تمرکز دارد. این مدل نشان می‌دهد که نوآوری تنها نتیجه یک بخش نیست، بلکه در تعامل میان این سه بازیگر شکل می‌گیرد. دانشگاه به‌عنوان تولیدکننده دانش، صنعت به‌عنوان تجاری‌کننده، و دولت به‌عنوان تنظیم‌گر و سیاست‌گذار، سه ضلع این مارپیچ هستند. نقطه قوت مدل، توضیح سازوکارهای نوآوری و رشد اقتصادی مبتنی بر دانش است. اما از منظر پژوهش‌های اقلیمی و شهری، محدودیت آن در غفلت از نقش جامعه مدنی و محیط زیست است، زیرا این دو عامل در روند سیاست‌گذاری اقلیمی حیاتی‌اند [۴۱].

- **مدل مارپیچ چهارگانه[9]**

این مدل توسعه‌یافته مارپیچ سه‌گانه است و «جامعه مدنی/شهروندان» را به‌عنوان بازیگر چهارم وارد می‌کند [۳۲]. در این چارچوب، شهروندان نه‌تنها مصرف‌کننده نهایی نوآوری هستند، بلکه در تولید داده‌ها، بازخورد و مشارکت در تصمیم‌گیری نیز نقش دارند. این مدل به‌ویژه در حوزه شهرهای هوشمند اهمیت دارد زیرا داده‌های تولیدشده توسط شهروندان (از طریق حسگرها، اپلیکیشن‌ها و پلتفرم‌ها) برای سیاست‌گذاری هوشمندانه حیاتی هستند. مزیت اصلی این مدل در تقویت حکمرانی مشارکتی و مشروعیت اجتماعی است. اما همچنان مانند مدل سه‌گانه، به بعد محیط زیست به‌عنوان یک «بازیگر فعال» توجه کافی ندارد.

- **مدل مارپیچ پنجگانه[10]**

مدل مارپیچ پنجگانه توسط کارایانیس و کمبل (۲۰۱۰) ارائه شد و علاوه بر سه ضلع اولیه (دانشگاه–صنعت–دولت) و جامعه مدنی، «محیط زیست طبیعی» را نیز به‌عنوان مارپیچ پنجم در نظر می‌گیرد. این چارچوب، نوآوری را نتیجه تعامل میان پنج بازیگر می‌داند و تأکید می‌کند که محیط زیست نه‌تنها عرصه‌ای برای اجرا یا قربانی تغییرات اقلیمی است، بلکه خود می‌تواند به‌عنوان منبعی برای راه‌حل‌های اکولوژیکی عمل کند. بنابراین، این مدل برای تحقیقاتی که به پیوند میان شهر هوشمند و انطباق با تغییرات اقلیمی می‌پردازند، جامع‌ترین چارچوب است زیرا هم فناوری، هم جامعه و هم طبیعت را پوشش می‌دهد. [۳۲]

[8] Triple Helix
[9] Quadruple Helix
[10] Quintuple Helix

جدول ۱ – جمع بندی مقایسه‌ای نظریه‌ها و مدلها (ماخذ: نگارندگان)

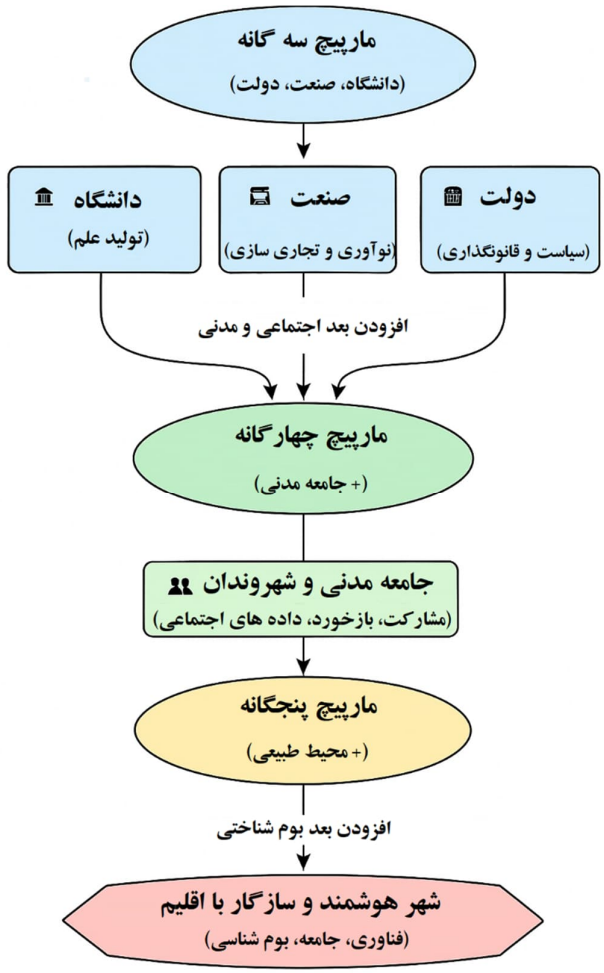
نظریه/مدل	تمرکز اصلی	نقاط قوت	محدودیت‌ها
مدل شهر پایدار[11]	توسعه شهری هماهنگ با محیط‌زیست	تأکید بر عدالت و پایداری اجتماعی–زیست‌محیطی	کمبود توجه به فناوری‌های نوین و داده
نظریه تاب‌آوری شهری[12]	ظرفیت شهر برای بازگشت یا سازگاری در برابر شوک‌ها	نگاه سیستمی به تغییرات اقلیمی و بحران‌ها	فقدان ابزار اجرایی فناورانه برای پایش و پیش‌بینی
مارپیچ سه‌گانه[13] **(دانشگاه–صنعت–دولت)**	تعامل سه بازیگر کلیدی در نوآوری	تقویت تولید دانش و تجاری‌سازی	عدم توجه به شهروندان و محیط زیست
مارپیچ چهارگانه[14] **(مارپیچ سه گانه: + جامعه مدنی)**	اضافه شدن نقش شهروندان به بازیگران نوآوری	تقویت مشارکت عمومی و حکمرانی	همچنان غفلت از محیط زیست به عنوان عامل فعال
مارپیچ پنجگانه[15] **(مارپیچ چهارگانه) + محیط زیست**	نوآوری فناورانه با مشارکت دانشگاه، صنعت، دولت، شهروندان و محیط زیست	پوشش همه ابعاد کلیدی، ادغام محیط زیست به عنوان بازیگر	مناسب‌ترین چارچوب برای تلفیق شهر هوشمند و انطباق اقلیمی

۲-٤- مدل مفهومی پژوهش

مدل مفهومی حاضر بر پایه‌ی تکامل نظریه‌های «هلیکسی» بنا شده است و مسیر گذار از مدل سه‌گانه تا مدل نهایی شهر هوشمند و تاب‌آور اقلیمی را تبیین می‌کند. در مدل سه‌گانه، تعامل میان دانشگاه، صنعت و دولت به‌عنوان سه بازیگر اصلی نوآوری معرفی می‌شود. افزودن «جامعه مدنی» به این ساختار، مدل چهارگانه را شکل می‌دهد که نقش مشارکت شهروندان، بازخورد اجتماعی و داده‌های جمعی را در فرآیند تصمیم‌سازی و نوآوری برجسته می‌سازد. در گام بعد، «محیط زیست طبیعی» به‌عنوان بُعد پنجم افزوده می‌شود و بدین‌ترتیب مدل پنج‌گانه با تأکید بر پایداری زیست‌محیطی و نوآوری سبز تکمیل می‌گردد.

این چارچوب در نهایت به مدل «شهر هوشمند سازگار با اقلیم» منتهی می‌شود که در آن فناوری، جامعه و محیط زیست به‌شکل یکپارچه برای توسعه پایدار شهری عمل می‌کنند. بدین ترتیب، مدل مفهومی پیشنهادی نه‌تنها فرایندهای نوآوری و همکاری میان بخش‌های مختلف را تبیین می‌کند، بلکه ارتباط میان دانش، سیاست‌گذاری، مشارکت مردمی و پایداری اکولوژیکی را در قالب یک نظام پویا و تعاملی به تصویر می‌کشد.

[11] Sustainable City Models
[12] Urban Resilience
[13] Triple Helix
[14] Quadruple Helix
[15] Quintuple Helix



شکل ۲ - مدل مفهومی مبتنی بر نظریه مارپیچی برای نظام‌های شهری هوشمند و سازگار با اقلیم (ماخذ: نگارندگان)

با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر بررسی پیوند شهر هوشمند با انطباق اقلیمی است، چارچوبی لازم بود که هم فناوری و هم محیط زیست را دربر گیرد. مدل‌های پیشین (سه‌گانه و چهارگانه) گرچه تعاملات نوآورانه را توضیح می‌دهند، اما به نقش محیط زیست توجهی ندارند. ازاین‌رو، مدل مارپیچ پنجگانه [۳۲] که محیط زیست طبیعی را به عنوان «مارپیچ پنجم» وارد می‌کند، بهترین چارچوب نظری برای این تحقیق انتخاب شد.

مطالعات پیشین، مبانی نظری سهم شهر هوشمند در سیاست‌گذاری اقلیمی شهری را ریشه‌یابی کرده‌اند: شهر هوشمند می‌تواند از طریق فناوری‌های نوین و مشارکت عمومی، به سیاست‌های اقلیمی شهری کمک کند [۲۵، ۵۲]. فناوری‌های نوآورانه، مانند فناوری اطلاعات و ارتباطات و داده‌های باز[16] به همراه تحلیل و کاربردهای داده‌محور، می‌توانند زمینه‌ساز تعامل بیشتر ذی‌نفعان شوند و منافع بیشتری را به همراه آورند [۲۵، ۴۸، ۵۲].

شش عنصر شهر هوشمند که توسط گیفینگر و گودرون [۴۴] توسعه یافته‌اند، برای بررسی کاربردهای شهر هوشمند در شهرها بسیار مفید هستند؛ در حالی که عوامل شش‌گانه این مؤلفه‌ها، یک چارچوب دقیق و شفاف ایجاد می‌کنند که می‌تواند برای تعریف مرزهای

[16] Open Data

مفهوم شهر هوشمند به کار رود [۴۴]. شش بُعد شهر هوشمند در واقع به خوبی با اهداف انطباق اقلیمی پیوند می‌خورند: اقتصاد، حمل‌ونقل، محیط زیست، شهروندان، زندگی و حکمرانی. این چارچوب امکان شناسایی هم‌افزایی‌ها را هنگام بررسی کاربردهای شهر هوشمند در انطباق اقلیمی فراهم می‌آورد. شاخص‌های موجود در هر یک از مقوله‌های شش‌گانه شهر هوشمند که بر اساس مؤلفه‌های گیفینگر و گودرون (۲۰۱۰) توسعه یافته‌اند، در جدول ۱ فهرست شده‌اند تا نمایی جامع از این شاخص‌ها ارائه دهند.

بر اساس مدل مارپیچ پنجگانه و همچنین مبانی نظری شش بُعد شهر هوشمند، از این چارچوب برای بررسی ادبیات پژوهش و دسته‌بندی نتایج کاربردها و منافع شهر هوشمند در حوزه انطباق با تغییرات اقلیمی استفاده می‌شود. شش عنصر ذکر شده به طور دقیقی طراحی شده‌اند، زیرا طیف گسترده‌ای از جنبه‌های مهم نتایج سیاست‌گذاری در شهرها را پوشش می‌دهند: اقتصاد، شهروندان، حکمرانی، حمل‌ونقل، محیط زیست و زندگی. هر یک از این عناصر، دارای شاخص‌هایی با تعریف روشن هستند که می‌توانند به صورت شفاف و بدون ابهام در رشته‌های مختلف درک و مورد استفاده قرار گیرند. از این رو این مفهوم برای ارزیابی مرور نظام‌مند ادبیات به یک ماتریس مفهوم‌محور با رویکردی مؤثر برای سنتز نتایج مرورهای نظام‌مند توسعه یافته است [۸۸].

رویکردهای متعددی برای دسته‌بندی گروه‌های ذی‌نفعان، مثلا بر اساس منافع آن‌ها، وجود دارد. با در نظر گرفتن منافع گروه‌های مختلف در تصمیم‌گیری، شناسایی گروه‌های ذی‌نفعان در اجرای سیاست‌ها اهمیت دارد. مفهوم شهر هوشمند، زاویه دید جدیدی را برای تحلیل ذی‌نفعان فراهم می‌کند. یکی از عناصر این مفهوم، یعنی شهروندان هوشمند[17]، که دارای هفت شاخص برای ارزیابی سرمایه اجتماعی و انسانی در شهرها است، راهی برای تحلیل هم عملکرد و هم نقش ذی‌نفعان در شهرها فراهم می‌آورد. این شاخص‌ها شامل سطح صلاحیت، تمایل به یادگیری مادام‌العمر، تکثر اجتماعی و قومی، انعطاف‌پذیری، خلاقیت، ذهنیت باز و مشارکت در زندگی عمومی هستند [۴۴].

پاپا و همکاران [۶۹] نمونه‌هایی از کاربردهای شهر هوشمند در زمینه پایداری، مانند پایش بهتر و مدیریت انرژی کارآمدتر، ارائه کرده‌اند. مفهوم شهر هوشمند و ماتریس شش عنصری آن به همراه شاخص‌های متناظر، همچنین در ارزیابی مدیریت ترافیک جاده‌ای به کار رفته است [۷۱]. گیفینگر و گودرون (۲۰۱۰) نیز از همین چارچوب برای رتبه‌بندی شاخص شهرهای هوشمند در شهرهای اروپایی استفاده کرده‌اند. تعاریف و ابعاد شهر هوشمند، توسعه اقتصادی پایدار و منافع حاصل از آن برای محیط زیست، شهروندان و جامعه را پوشش می‌دهند. این موضوع با پژوهش‌ها در حوزه منافع انطباق با تغییرات اقلیمی همپوشانی دارد. با این حال، مطالعه‌ای که از ماتریس شهر هوشمند برای ارزیابی ادبیات انطباق اقلیمی استفاده کند، همچنان وجود ندارد. بنابراین، این مطالعه قصد دارد تا این خلأ را با کاوش در ادبیات شهر هوشمند و انطباق اقلیمی برای شناسایی پیوندهای احتمالی پر کند.

رقابت‌پذیری به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی شهر هوشمند [۴۴]، هسته اصلی این پژوهش را برای بررسی ویژه منافع کاربردهای شهر هوشمند در بستر انطباق اقلیمی برانگیخته است. مطالعات اقلیمی معمولاً با هدف انگیزه دادن به بازیگران برای پیاده‌سازی راه‌حل‌های اقلیمی، اغلب بر هزینه‌های عدم اقدام تمرکز دارند، در عین حال تعداد محدودی از آن‌ها نیز به منافع و پیامدهای سیاست‌های اقلیمی می‌پردازند. هدف این مقاله ارائه شواهد بیشتر پیرامون مزایای سیاست‌های اقلیمی و درک بهتر پیامدهای آنها بوده و همچنین تلاش می‌کند با ارائه دلایل مثبت در مباحث مربوط به اجرای سیاست‌های اقلیمی، بازیگران بیشتری را به مشارکت تشویق نماید. این موضوع انگیزه‌ای برای هدف این مقاله فراهم می‌کند تا به درک بهتر رویکردهای شهر هوشمند در ادبیات مربوط به سازگاری با تغییرات اقلیمی و پیامدهای کاربردهای شهر هوشمند در سازگاری شهری با تغییرات اقلیمی کمک کند.

[17] Smart People

جدول ۲- عناصر و شاخص های شهر هوشمند (ماخذ: [۲۵])

عناصر شهر هوشمند	شاخص‌ها
اقتصاد هوشمند (رقابت‌پذیری)	روحیه نوآوری، کارآفرینی، تصویر و برند اقتصادی، بهره‌وری، انعطاف‌پذیری بازار کار، پیوندهای بین‌المللی، توانایی ایجاد تحول
شهروندان هوشمند (سرمایه اجتماعی و انسانی)	سطح مهارت‌ها و تحصیلات، تمایل به یادگیری مادام‌العمر، تنوع اجتماعی و قومی، انعطاف‌پذیری بازار کار، خلاقیت، مشارکت در زندگی عمومی
حاکمیت هوشمند (مشارکت)	مشارکت در تصمیم‌گیری، خدمات عمومی و اجتماعی، حاکمیت شفاف، استراتژی‌ها و چشم‌اندازهای سیاسی
تحرک هوشمند (حمل‌ونقل و فناوری اطلاعات)	دسترسی محلی، دسترسی ملی یا بین‌المللی، دسترسی به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار، نوآورانه و ایمن
محیط هوشمند (منابع طبیعی)	عدم آلودگی در شرایط طبیعی آلودگی، حفاظت محیط‌زیست، مدیریت پایدار منابع
زندگی هوشمند (کیفیت زندگی)	امکانات فرهنگی، وضعیت سلامت، ایمنی فردی، کیفیت مسکن، امکانات آموزشی، جاذبه‌های گردشگری، همبستگی اجتماعی

هدف اصلی این پژوهش، واکاوی پیوند میان «شهرسازی سازگار با اقلیم» و «شهرهای هوشمند» به منظور شناسایی الگوهای هم‌افزایی و شکاف‌های موجود در ادبیات بین‌المللی و داخلی است. در این راستا، **سوال اصلی** پژوهش بر این موضوع تمرکز دارد که:

- تعامل میان ابعاد مختلف نوآوری شهری (بر اساس مدل مارپیچ پنج‌گانه) چگونه می‌تواند به سازگاری پایدار با تغییرات اقلیمی در بستر شهرهای هوشمند منجر شود؟

به منظور پاسخگویی به این مسئله، **پرسش‌های فرعی** زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- سوال ۱: کدام‌یک از رویکردها و فناوری‌های هوشمندسازی (نظیر اینترنت اشیا، کلان‌داده‌ها و متاورس) در ادبیات جهانی و بومی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی به کار گرفته شده‌اند؟
- سوال ۲: کاربست مدل شهر هوشمند در فرآیند سازگاری اقلیمی، چه مزایا و هم‌افزایی‌های مشترکی را در ابعاد کالبدی، نهادی و اجتماعی به همراه دارد؟
- سوال ۳: بر اساس تحلیل تطبیقی، چه شکاف‌های کلیدی میان پژوهش‌های داخلی (فارسی) و روندهای بین‌المللی در استفاده از مدل‌های نظری (مانند مارپیچ پنج‌گانه) برای انطباق اقلیمی وجود دارد؟

نتایج حاصل از این پژوهش درصدد شناسایی پتانسیل‌های مغفول مانده در سیاست‌گذاری‌های اقلیمی و تشویق پژوهشگران به توسعه فعالیت‌های نظام‌مند در این حوزه است. مبانی نظری این تحقیق بر مشارکت فعال «شهر هوشمند» در هم تولیدی[18] و هم‌افزایی‌های اقلیمی استوار است. با بررسی دقیق ادبیات علمی، این مقاله می‌کوشد پیوند میان نظریه و شواهد تجربی را تبیین کرده و توضیح دهد که چگونه یک شهر هوشمند می‌تواند ظرفیت‌های نظام‌های چندمرکزی را برای مشارکت در سازگاری اقلیمی فعال نماید.

[18] Co-production

علاوه بر این، با بهره‌گیری از چارچوب ابعاد شهر هوشمند و مدل مارپیچ پنج‌گانه، این مطالعه قصد دارد نمایی کلی از نمونه‌های عینی شناسایی شده در ادبیات ارائه داده و شاخص‌های کاربردی‌تری را برای ادغام فناوری‌های نوظهور در برنامه‌ریزی شهری سازگار با اقلیم پیشنهاد دهد.

۳-٤- منطق علمی انتخاب چارچوب نظری پژوهش

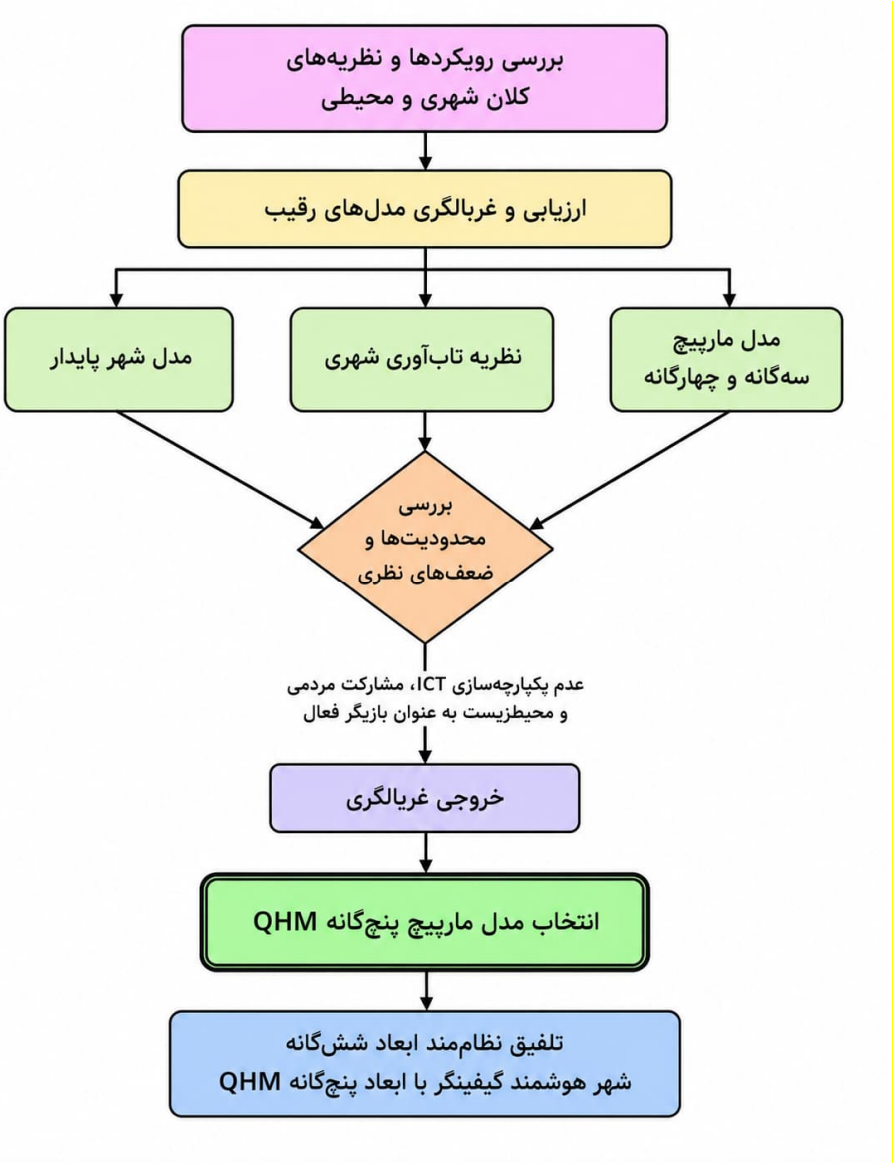
در راستای تبیین رابطه میان هوشمندسازی شهری و انطباق اقلیمی، رویکردها و نظریات متعددی مورد بررسی قرار گرفتند. با این حال، جهت انتخاب مناسب‌ترین چارچوب نظری که بتواند ماهیت چندبعدی، ساختاری و تعاملی این پدیده را پوشش دهد، یک ارزیابی تطبیقی میان مدل‌های رقیب انجام شد (جدول ۳).

تئوری‌های کلاسیک مانند «مدل شهر پایدار»، اگرچه پایداری زیست‌محیطی را در اولویت قرار می‌دهند، اما فاقد سازوکارهای ساختاریافته فناورانه و داده‌محور برای پایش لحظه‌ای و انطباق پویا با تغییرات اقلیمی هستند. از سوی دیگر، «نظریه تاب‌آوری شهری» چارچوب مفهومی مناسبی برای تحلیل سیستم‌های پیچیده ارائه می‌دهد، اما فرآیندهای اجرایی و مشارکتی ناشی از فناوری‌های نوین (شهر هوشمند) را به طور منسجم عملیاتی نمی‌سازد. در حوزه مدل‌های نوآوری نیز، «مدل مارپیچ سه‌گانه» (دانشگاه–صنعت–دولت) صرفاً بر اقتصاد دانش‌بنیان تمرکز دارد و نقش کلیدی جامعه مدنی و محیط‌زیست را نادیده می‌گیرد. حتی «مدل مارپیچ چهارگانه» با وجود افزودن جامعه مدنی، همچنان اکوسیستم طبیعی را به عنوان یک بازیگر مستقل و فعال در نظر نمی‌گیرد.

جدول زیر، تحلیل مقایسه‌ای این مدل‌ها و منطق گزینش چارچوب نهایی پژوهش را نشان می‌دهد:

جدول ۳ - تحلیل تطبیقی تئوری‌های رقیب و منطق انتخاب مدل مارپیچ پنج‌گانه(QHM)

مدل / نظریه رقیب	ارکان و تمرکز اصلی	محدودیت نظری در تبیین ابعاد هوشمندسازی و انطباق اقلیمی	مزیت و دلیل انتخاب مدل مارپیچ پنج‌گانه (QHM)در این پژوهش
مدل شهر پایدار	تعادل کالبدی، اقتصادی و زیست‌محیطی در توسعه شهری	ضعف در یکپارچه‌سازی ابزارهای پیشرفته فناوری اطلاعات (ICT) برای پیش‌بینی و مدیریت هوشمند بحران‌های اقلیمی	**مدل QHM** فناوری را به عنوان محرک کلیدی در تعامل میان لایه‌های مختلف جامعه و محیط‌زیست به کار می‌گیرد.
تئوری تاب‌آوری شهری	جذب، انطباق و بازتنظیم سیستم شهری در برابر شوک‌های محیطی	ابهام در تبیین نقش نهادهای دانش‌بنیان، بخش خصوصی و سازوکارهای دقیق حکمرانی داده‌محور	**مدل QHM** به طور دقیق نقش سیستم‌های آموزشی (دانشگاه) و اقتصادی (صنعت) را در تولید دانش انطباق تبیین می‌کند.
مدل مارپیچ سه‌گانه	تعامل سه جانبه «دانشگاه – صنعت – دولت»	نگاه صرفاً اقتصادی و فناورانه؛ نادیده گرفتن نقش سبک زندگی شهروندان و ملاحظات مستقیم اکولوژیکی	**مدل QHM** فراتر از اقتصاد، ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی را به هسته سخت نوآوری شهری وارد می‌کند.
مدل مارپیچ چهارگانه	تعامل «دانشگاه – صنعت – دولت – جامعه مدنی»	عدم تعریف «محیط‌زیست طبیعی» به عنوان یک رکن و بازیگر مستقل؛ نگاه ثانویه به تغییرات اقلیمی	**مدل QHM** با تعریف «محیط‌زیست طبیعی» به عنوان مارپیچ پنجم، تعاملات انسان، فناوری و طبیعت را متوازن می‌سازد.



شکل ۳- فلوچارت فرآیند غربالگری و انتخاب چارچوب نظری پژوهش

بنابراین، بر اساس تحلیل فوق، مدل مارپیچ پنج‌گانه (QHM) به عنوان جامع‌ترین چارچوب انتخاب شد؛ چرا که این مدل نه تنها به صورت همزمان نقش زیرساخت‌های هوشمند (ناشی از تعامل دانش، صنعت و دولت) و مشارکت‌های مردمی (جامعه مدنی) را پوشش می‌دهد، بلکه «محیط‌زیست طبیعی» را به عنوان یک بازیگر محوری و مستقل در کانون توجه قرار می‌دهد. این ویژگی به پژوهش حاضر اجازه می‌دهد تا فرآیند هوشمندسازی شهری را نه صرفاً به عنوان یک اقدام لوکس فناورانه، بلکه به عنوان ابزاری حیاتی برای انطباق سیستمی با چالش‌های اقلیمی تبیین و تحلیل نماید.

۵-روش‌شناسی پژوهش

از منظر روش‌شناختی، مرورهای نظام‌مند ادبیات در چندین حوزه، و همچنین در مطالعات پایداری و تغییرات اقلیمی، به‌عنوان یک رویکرد تثبیت‌شده مورد پذیرش قرار گرفته‌اند که در این پژوهش نیز به کار گرفته شده است.

در مرحله برنامه‌ریزی مرور، ابتدا باید نیاز به انجام مرور مشخص شود، سپس طرح پیشنهادی مرور و پس از آن پروتکل مرور تدوین گردد. پروتکل مرور شامل معیارهای غربالگری و انتخاب و همچنین داده‌های کتاب‌شناختی (عنوان نشریه، نویسندگان، وابستگی سازمانی نویسندگان، مکان وابستگی‌ها، سال انتشار، نام نشریه و کیفیت نشریه) است. پروتکل مرور همچنین شامل اطلاعات تکمیلی مانند پیشینه نشریه و محتوای مورد نیاز برای مرور می‌باشد.

هنگام انجام مرور، تعریف شفاف سؤالات پژوهش و دامنه مطالعه از اهمیت بالایی برخوردار است. پس از آن، فرآیند انتخاب مستندات بر اساس معیارهای تعیین‌شده انجام می‌شود.

۵-۱- پژوهش های خارجی

۱-۱-۵- استراتژی جستجو و پروتکل انتخاب

به منظور تضمین جامعیت پژوهش و شفافیت فرآیند جستجو، این مطالعه از دستورالعمل‌های PRISMA[19] پیروی می‌کند. فرآیند جستجو با هدف پوشش سه مفهوم محوری این پژوهش تنظیم شد: ۱. تغییرات اقلیمی/انطباق، ۲. فضای شهری/شهرسازی، و ۳. منافع/فرصت‌ها/هم‌افزایی، و ۴. شهر هوشمند.

الف) تعریف کلیدواژه‌ها:

رشته جستجو با هدف پوشش سه مفهوم محوری این پژوهش تنظیم شد: ۱. تغییرات اقلیمی/انطباق، ۲. فضای شهری/شهرسازی، و ۳. منافع/فرصت‌ها. با توجه به ماهیت این پژوهش که به دنبال هم‌افزایی‌ها و منافع بوده و نه صرفاً چالش‌ها، از واژه‌های مرتبط با منافع استفاده شد.

رشته نهایی مورد استفاده در پایگاه‌های داده به شرح زیر بود:

("Climate*" AND "Adapt*" AND ("Smart Cit*" OR "Smart Urban Planning") AND ("Benefit*" OR "Opportunit*" OR "Synerg*") AND ("Urban" OR "Cit*"))

ب) معیارهای ورود و خروج[20]:

در این مطالعه، معیارهای ورود و خروج با حساسیت بالایی به کار گرفته شدند تا از ارتباط مستقیم مقالات با موضوع اطمینان حاصل شود. در نتیجه، مقالاتی که پس از اعمال رشته جستجوی فوق استخراج شدند، تنها در صورتی برای سنتز نهایی انتخاب گردیدند که معیارهای زیر را داشته باشند:

- تمرکز بر انطباق اقلیمی: مقالات باید صراحتاً به راهکارها یا برنامه‌ریزی برای انطباق با اثرات اقلیمی (نه صرفاً کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای) پرداخته باشند.
- بستر شهر هوشمند: باید شواهد مشخصی از پرداختن به فناوری‌ها، زیرساخت‌ها، حکمرانی یا چارچوب‌های شهر هوشمند به عنوان بستر یا ابزار انطباق، در متن آن‌ها وجود داشته باشد.

[19] Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
[20] Inclusion and Exclusion Criteria

- انتشار به زبان انگلیسی و در نشریات داوری‌شده: محدودیت بر زبان انگلیسی برای تضمین دسترسی به طیف وسیع‌تری از پایگاه‌های داده جهانی اعمال شد.
- نوع مقاله: مقالات تجربی، تحلیلی، مروری و مفهومی با کیفیت بالا مدنظر قرار گرفتند، در حالی که نامه‌ها، گزارش‌های کوتاه و سرمقاله‌ها حذف شدند."

۲-۱-۵- استخراج داده‌ها و سنتز[21]

این جستجوها در پایگاه‌های اطلاعاتی ScienceDirect، Emerald، Wiley، EBSCO Host، Web of Science و Social Science Research Network: SSRN eLibrary انجام شد و ترکیب این کلیدواژه‌ها ۷۹۹ نشریه را به دست داد.

سپس، اولین غربالگری برای اطمینان از انتخاب تنها نشریات زبان انگلیسی و حذف مطالعات تکراری انجام شد. نتیجه دور اول غربالگری ۵۴۸ مطالعه بود. دور دیگری از غربالگری برای اطمینان از اینکه نشریات به‌صورت مقاله یا گزارش کامل منتشر شده‌اند، انجام گرفت؛ در حالی که چکیده‌ها یا چکیده‌های مبسوط که صریحاً از استناد به آن‌ها منع شده بود، حذف شدند. این اقدام تضمین می‌کند که تمامی نشریات انتخاب‌شده، یا در مجلات بین‌المللی داوری‌شده منتشر شده‌اند و یا گزارش‌هایی از سازمان‌های معتبر هستند. مقالاتی که برای دانلود یا استناد در دسترس نبودند نیز حذف شدند. در نهایت، مجموعاً ۲۸۲ مقاله برای تحلیل انتخاب شدند. هر نشریه بر اساس چکیده و متن کامل تحت معیارهای زیر مورد غربالگری قرار گرفت:

- ارتباط با انطباق با تغییرات اقلیمی؛
- ارتباط با شهرها یا بسترهای شهری؛
- مرتبط با منافع یا بازده (در تمامی ابعاد، اعم از زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی).

نشریاتی که هر سه معیار را برآورده می‌کردند، برای تحلیل انتخاب شدند. فرآیند انتخاب به‌خوبی مستندسازی شده است، از جمله ثبت دلایل شمول و استثناء. در ادامه، از نرم‌افزار VOSviewer برای تحلیل این مقالات استفاده شد . این فرآیند غربالگری مبتنی بر یک پروتکل مرور نظام مند می باشد جزئیات آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

همچنین تصویر ۴، تعدادی از مسائل معاصر مرتبط با استفاده از فناوری (شهر هوشمند) برای تاب‌آوری اقلیمی را نشان می‌دهد، که عبارتند از: شدت انتشار کربن، لجستیک، نوآوری در مدل کسب‌وکار، خشکسالی، سیاست‌گذاری، کاهش تغییرات اقلیمی و مدیریت دارایی.

پس از انتخاب نهایی ۱۲۵ مقاله مرتبط، مرحله استخراج و کدگذاری داده‌ها آغاز شد. برای مدیریت داده‌ها و تحلیل محتوای کیفی، از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شده و فرآیند تحلیل محتوای کیفیِ هدایت‌شده، با هدف تبیین دقیق روابط و تبدیل داده‌های خام به چارچوب تحلیلی مارپیچ پنج‌گانه (QHM)، در سه مرحله ساختاریافته و منسجم زیر عملیاتی گردید:

مرحله اول: کدگذاری قیاسی و طبقه‌بندی مقدماتی (ابعاد گیفینگر)

در این مرحله، ابتدا مشخصات کتاب‌شناختی مقالات استخراج شد. سپس ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند بر اساس مدل استاندارد گیفینگر شامل: ۱) اقتصاد هوشمند، ۲) شهروندان هوشمند، ۳) حکمرانی هوشمند، ۴) پویایی (حمل‌ونقل) هوشمند، ۵) محیط‌زیست هوشمند و ۶) زندگی هوشمند، به عنوان کدهای اصلی (دسته‌های مادر) در نرم‌افزار MAXQDA تعریف شدند. در این گام، یافته‌های

[21] Data Extraction and Synthesis

مرتبط با نوع مداخلات (فناوری، سیاست، نهادی یا برنامه‌ریزی) و ابعاد انطباق (اجتماعی، زیرساختی، زیست‌محیطی) مستقیماً ذیل این ابعاد شش‌گانه کدگذاری شدند. همچنین کدهای ثانویه برای تبیین منافع (مانند افزایش بهره‌وری منابع و بهبود کیفیت زندگی) در زیرمجموعه آن‌ها توسعه یافتند.

مرحله دوم: تحلیل عرضی و نگاشت مفاهیم (شهر هوشمند × مارپیچ پنج‌گانه)

برای فرارفتن از لایه صرفاً توصیفی ابعاد شهر هوشمند و پاسخ به ابهامات روش‌شناختی، یک تحلیل ماتریسی و عرضی روی کدهای مرحله اول انجام شد تا رابطه فرآیندی ابعاد کالبدی-فناورانه با متغیرهای نهادی-محیطی مشخص شود (جدول ۴). در واقع تبیین گردید که «هر یک از ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند، تعامل میان کدام‌یک از بازیگران نظام نوآوری مارپیچ پنج‌گانه (سیستم آموزش/دانشگاه، سیستم اقتصادی/صنعت، سیستم سیاسی/دولت، جامعه مدنی و محیط‌زیست طبیعی) را فعال می‌سازد». جدول زیر، ماتریس تحلیلی نگاشت این دو مدل و منطق انتساب کدهای نرم‌افزار به هر یک از مارپیچ‌ها را نشان می‌دهد:

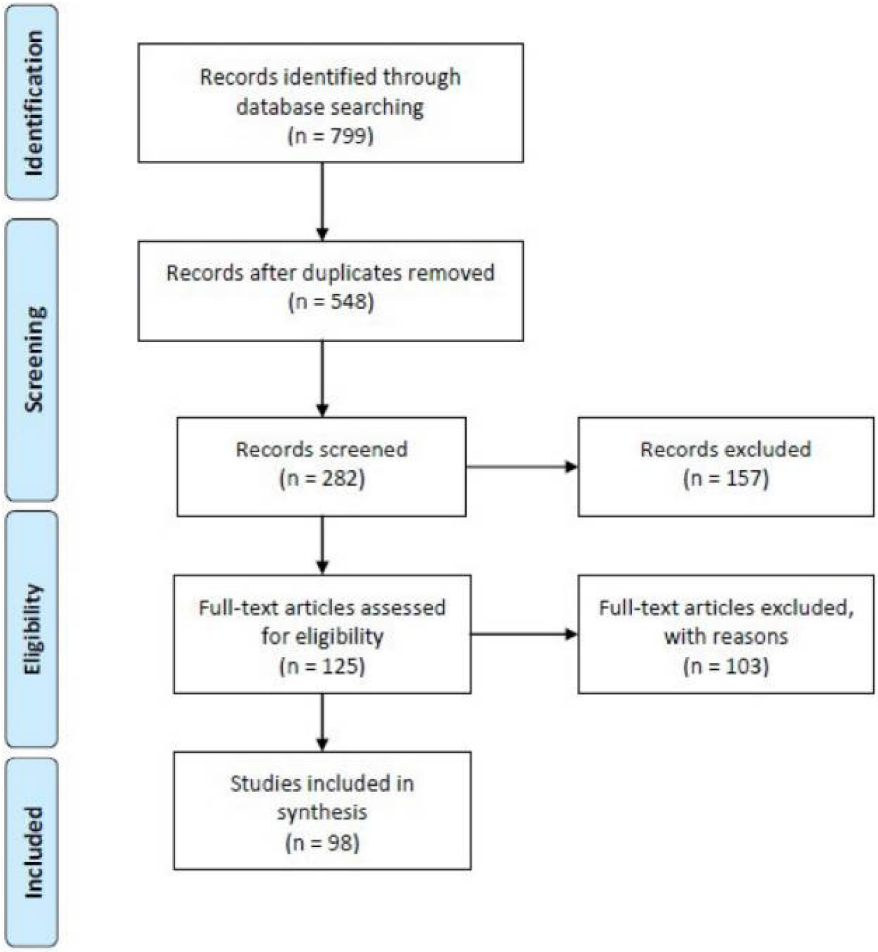
جدول ٤ - ماتریس تحلیلی نگاشت ابعاد شهر هوشمند (گیفینگر) به بازیگران مدل مارپیچ پنج‌گانه(QHM)

ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند (گیفینگر)	بازیگر/مارپیچ هدف در مدل QHM	منطق تحلیلی و چگونگی انتساب کدها در نرم‌افزار(MAXQDA)	کارکرد کلیدی در انطباق اقلیمی
حکمرانی هوشمند	**سیستم سیاسی (دولت)**	کدهای مربوط به سیاست‌گذاری کلان، مدیریت داده‌های شهری، قوانین زیست‌محیطی و تصمیم‌گیری‌های بوروکراتیک	تسهیل سیاست‌گذاری داده‌محور و مدیریت هوشمند بحران‌های اقلیمی توسط نهادهای حاکمیتی.
اقتصاد هوشمند	**سیستم اقتصادی (صنعت/بازار)**	کدهای تخصیص‌یافته به کسب‌وکارهای نوپا (استارتاپ‌ها)، اقتصاد چرخشی، سرمایه‌گذاری سبز و تجاری‌سازی فناوری‌های پاک	توسعه زیرساخت‌های مالی و صنعتی برای تجاری‌سازی ابزارهای انطباق اقلیمی.
زندگی و پویایی هوشمند	**سیستم آموزشی (دانشگاه/علم)**	کدهای مرتبط با تحقیق و توسعه(R&D) ، نوآوری‌های زیرساختی حمل‌ونقل پاک، تولید دانش فنی و الگوهای فناورانه انطباق	تولید زیرساخت‌های معرفتی و دانش‌بنیان برای پایش و تاب‌آوری شهری.
شهروندان هوشمند	**جامعه مدنی (فرهنگ/رسانه)**	کدهای مربوط به سرمایه اجتماعی، مشارکت‌های مردمی در محلات، آموزش‌های عمومی محیط‌زیستی و ظرفیت شبکه‌های اجتماعی	تولید مشترک داده‌های محلی (Crowdsourcing)و انطباق رفتاری شهروندان در برابر تغییرات اقلیمی.
محیط‌زیست هوشمند	**محیط‌زیست طبیعی (اکوسیستم)**	کدهای ناظر بر پایش هوشمند آلاینده‌ها، انرژی‌های تجدیدپذیر، حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت منابع آب و خاک	برقراری توازن میان فعالیت‌های انسانی و ظرفیت زیستی محیط‌زیست در شرایط تغییر اقلیم.

مرحله سوم: سنتز نهایی و استخراج جداول هم‌افزایی

پس از اتمام فرآیند نگاشت بر اساس ماتریس فوق، خروجی‌های متقاطع نرم‌افزار MAXQDA (ماتریس روابط کدها) به عنوان داده‌های پایه برای تحلیل نهایی به کار گرفته شدند. به عبارتی، فراوانی کدهای مشترک و الگوهای تعاملیِ استخراج‌شده در جدول فوق، مبنای اصلی تحلیل هم‌افزایی میان ابعاد شهر هوشمند و مارپیچ پنج‌گانه در بخش یافته‌ها قرار گرفت. از این رو، جداول ۵ و ۶ مقاله در بخش نتایج و بحث (که نمایش‌دهنده ماتریسی این هم‌افزایی‌ها هستند، حاصل خروجی منطقی و فرآیندی ماتریس نگاشت

فوق در محیط نرم‌افزار می‌باشند که نشان می‌دهد چگونه ابعاد مختلف شهر هوشمند، بستر تعاملی لازم برای انطباق موفق اقلیمی را میان بازیگران QHM فراهم می‌سازند.



شکل ٤ – فلوچارت فرآیند مرور سیستماتیک ادبیات پژوهش های خارجی (ماخذ: نگارندگان)

جدول ٥ – پروتکل مرور نظام مند (پژوهش های داخلی و خارجی) (ماخذ: نگارندگان)

معیارهای انتخاب و غربالگری
۱. **شناسایی**
۱-۱- زبان: فقط نشریات به زبان انگلیسی / فارسی
۱-۲- مطالعات تکراری: هیچ مطالعه تکراری مجاز نیست
۱-۳- دسترس‌پذیری: داشتن حقوق دانلود
۲. **غربالگری**
۲-۱- دسترس‌پذیری: داشتن حقوق استفاده، دانلود یا استناد
۲-۲- کیفیت نشریات: مقالات منتشر شده در ژورنال‌های بین‌المللی و با داوری همتا
۲-۳- کامل بودن: فقط نشریاتی که به صورت کامل منتشر شده‌اند
۲-۴- اعتبار: گزارش‌های حرفه‌ای منتشر شده توسط سازمان‌های معتبر
۲-۵- حقوق: داشتن حقوق برای استناد یا استفاده
۳. **واجد شرایط بودن**

۳-۱- ارتباط با سازگاری با تغییرات اقلیمی: تمرکز نشریه باید بر سازگاری با تغییرات اقلیمی باشد

۳-۲- ارتباط با شهر یا محیط شهری: تمرکز نشریه باید بر شهرها، محیط‌های شهری یا شهرداری‌ها باشد

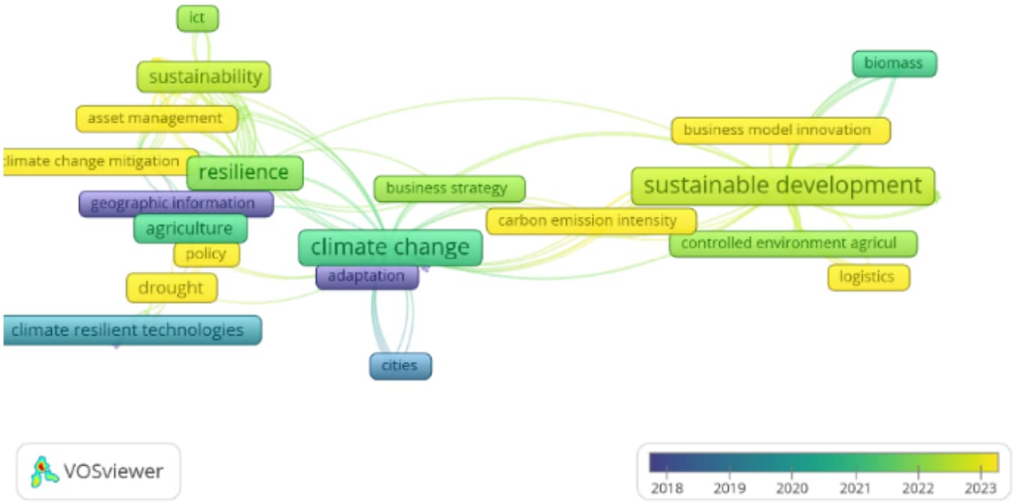
۳-۳- ارتباط با منافع یا بازدهی: تمرکز نشریه باید بر منافع یا بازدهی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، محیطی، اکولوژیکی یا هر نوع نتیجه مثبت گسترده‌تر باشد

۴. شمول

۴-۱- ارتباط با شهر هوشمند: تعریف صریح شهر هوشمند یا هوشمند بودن

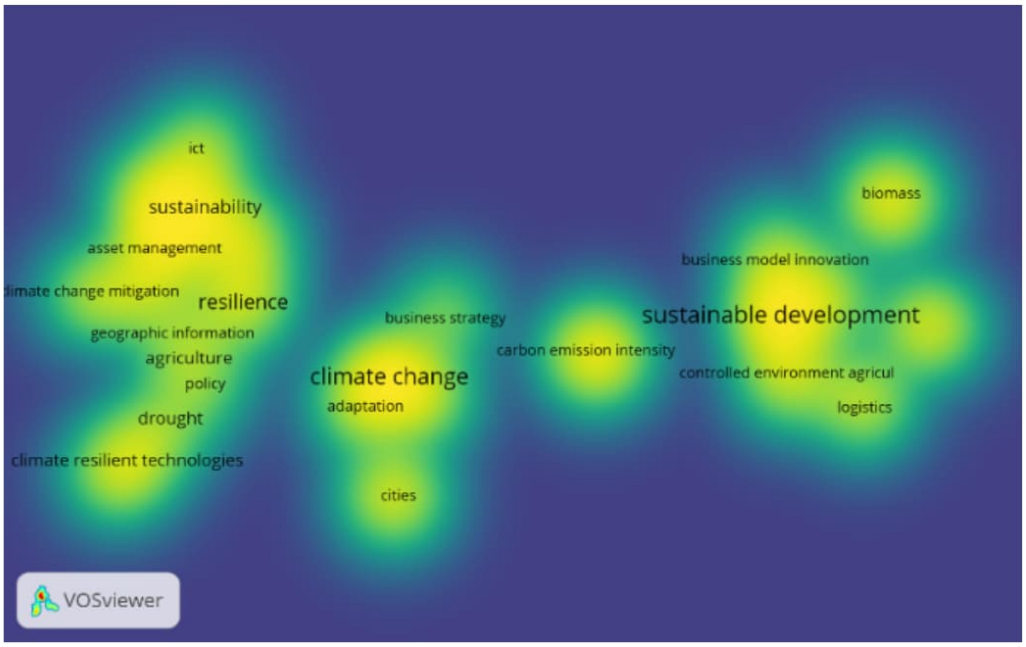
۴-۲- ارتباط با ابعاد شهر هوشمند: هر عامل یا شاخص مرتبط با اقتصاد هوشمند، مردم هوشمند، مدیریت هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، محیط هوشمند یا زندگی هوشمند در نشریه

در نهایت، ۹۸ مقاله به عنوان مرتبط با شهرهای هوشمند تشخیص داده شدند و برای تحلیل نهایی و سنتز انتخاب گردیدند. پس از انتخاب مطالعات، ارزیابی کیفیت انتشارات انجام گرفت. تحلیل مجموعه نهایی مطالعات با هدف ارائه یک سنتز جهت پاسخگویی به سؤالات پژوهش صورت می‌پذیرد. نتایج این مطالعه در پی ارائه توصیه‌های کاربردی برای حوزه‌های پژوهش و اجرا است. مطالعه ما از دستورالعمل‌های استفاده از رویکردهای مرور نظام‌مند برای تحقیقات انطباق با تغییرات اقلیمی تبعیت می‌کند [۴].



شکل ۵- تصویرسازی نقش فناوری در تاب‌آوری اقلیمی (ماخذ: یافته های پژوهش).

علاوه بر این، آخرین نوع تصویرسازی در تحلیل VosViewer، تصویرسازی تراکمی است. این تصویرسازی در بررسی مسائل اصلی پیرامون موضوع مورد مطالعه کاربرد درد. هرچه تحقیقات در یک موضوع جدیدتر باشند، رنگ آن روشن‌تر نشان داده می‌شود. بر اساس شکل ۶، موضوع نقش فناوری در تاب‌آوری اقلیمی تحت تأثیر چند موضوع اصلی قرار دارد، از جمله شهرها (شهرهای هوشمند)، توسعه پایدار و تغییرات اقلیمی. از سوی دیگر، رنگ‌های ابعاد نشان‌دهنده چالش‌هایی هستند که هنوز فراگیر نشده‌اند؛ مانند راهبرد شرکتی، تاب‌آوری، خشکسالی، اطلاعات جغرافیایی و فناوری اطلاعات و ارتباطات.



شکل ٦ - تصویرسازی تراکمی از نقش‌های فناوری در تاب‌آوری اقلیمی (ماخذ: یافته های پژوهش).

۲-۵- پژوهش های داخلی

۱-۲-۵- استراتژی جستجو و پروتکل انتخاب

به موازات این فرآیند، برای واکاوی ادبیات بومی، جستجوی گسترده‌ای در پایگاه‌های مرجع داخلی (Magiran، SID و Civilica) در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴، با استفاده از پروتکل ذکر شده (جدول ۵) انجام شد. در مرحله اول، مجموع ۵۵۲۸ مقاله دارای متن کامل و ۵۴۰۹ مقاله بدون متن کامل در پایگاه‌های فارسی جستجو شدند. این مقالات با استفاده از معیارهای مشخص شده در پروتکل انتخاب و غربالگری، شامل معیارهای زبان، دسترس‌پذیری، کیفیت نشریه، کامل بودن متن و اعتبار علمی، مورد غربال اولیه قرار گرفتند. در این فرایند، مقالات تکراری حذف شده و تنها مطالعات قابل دسترسی و مستند باقی ماندند.

پس از مرحله غربال، از میان تمامی مقالات شناسایی شده، ۱۹ مقاله فارسی واجد شرایط نهایی انتخاب شدند که هم با موضوع سازگاری با تغییرات اقلیمی و تاب‌آوری شهری مرتبط بودند و هم به جنبه‌های شهر هوشمند یا شاخص‌های مرتبط با آن می‌پرداختند. برای تحلیل عمیق و استخراج گپ پژوهشی، این ۱۹ مقاله با استفاده از سه ماتریس تحلیلی بررسی شدند:

۱) **ماتریس ۱ (روش‌شناسی و ویژگی‌های پژوهش):** این ماتریس شامل مشخصات پایه مقالات (سال انتشار، نوع مطالعه، روش پژوهش، مقیاس مکانی و تمرکز اصلی) بود و امکان شناسایی غالب بودن رویکردهای توصیفی و ارزیابانه و کمبود مطالعات مدل‌محور و جامع را فراهم کرد.

۲) **ماتریس ۲ (مؤلفه‌ها و جنبه‌های موضوعی):** این ماتریس روی محتوای پژوهش‌ها تمرکز داشت و نشان داد که غالب مقالات مؤلفه‌های اقلیمی، تاب‌آوری و شهر هوشمند را به‌صورت منفک بررسی کرده‌اند و ادغام این ابعاد در چارچوب مفهومی منسجم، کم‌رنگ بوده است.

۳) **ماتریس ۳ (سیاست‌پذیری و قابلیت ترجمه به عمل):** این ماتریس سطح تعامل پژوهش با سیاست و عمل شهری را بررسی کرد و مشخص نمود که برخی مطالعات ظرفیت بالایی برای تبدیل به سیاست‌های شهری دارند، اما نگاه چندسطحی میان سطح شهری و ملی غالباً غایب است و بسیاری از یافته‌ها در سطح توصیه‌های کلی باقی مانده‌اند.

با تلفیق نتایج سه ماتریس، امکان استخراج شکاف‌ها و فرصت‌های پژوهشی در حوزه تاب‌آوری اقلیمی و شهر هوشمند در ایران فراهم شد. این تحلیل، علاوه بر ارائه تصویری شفاف از وضعیت پژوهش‌های داخلی، مسیر منطقی برای مقاله دوم و طراحی مدل پروپوزال دکتری را نیز مشخص می‌کند.

۳-۲-۵- جستجوی منابع و کلیدواژه‌ها

جستجوی مقالات فارسی با هدف شناسایی پژوهش‌های مرتبط با تاب‌آوری اقلیمی در بستر شهر هوشمند در پایگاه‌های معتبر علمی فارسی انجام شد. پایگاه‌های مورد استفاده شامل مگیران، سیویلیکا، SID)پایگاه نشریات علمی ایران(و همچنین برخی ژورنال‌های علمی–پژوهشی با دسترسی مستقیم بود.

کلیدواژه‌های جستجو بر اساس سه حوزه اصلی تعریف شدند:

۱. شهر و محیط شهری: «شهر»، «محیط شهری»، «شهرداری»، «برنامه‌ریزی شهری»
۲. سازگاری و تاب‌آوری اقلیمی: «تاب‌آوری»، «سازگاری با تغییرات اقلیمی»، «مدیریت بحران اقلیمی»، «مخاطرات طبیعی»
۳. شهر هوشمند و فناوری‌های مرتبط: «شهر هوشمند»، «هوشمندسازی شهری»، «حمل‌ونقل هوشمند»، «مدیریت هوشمند»، «محیط هوشمند»

این کلیدواژه‌ها به صورت ترکیبی و با استفاده از عملگرهای منطقی AND و OR در پایگاه‌ها جستجو شدند تا همه مقالات مرتبط شناسایی شوند. به عنوان مثال، ترکیب‌هایی مانند:

- «شهر هوشمند AND تاب‌آوری»
- «سازگاری با تغییرات اقلیمی AND محیط شهری»
- «شهر هوشمند OR مدیریت هوشمند AND مخاطرات طبیعی»

همچنین جستجو محدود به مقالات منتشر شده از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۵ شد تا آخرین پژوهش‌های مرتبط و به‌روز مورد بررسی قرار گیرند.

این استراتژی جستجو، در کنار مراحل غربالگری، به شناسایی ۵۵۲۸ مقاله با متن کامل و ۵۴۰۹ مقاله بدون متن کامل منجر شد که پس از اعمال معیارهای انتخاب، ۱۹ مقاله فارسی واجد شرایط برای تحلیل عمیق باقی ماندند.

ماتریس ۱: مشخصات و رویکرد مطالعات فارسی

ردیف	نویسنده / سال	نوع پژوهش	روش تحقیق	مقیاس	محدوده مکانی	اقلیم / مخاطره	رویکرد غالب
1	محمدنژاد و عابدینی (1404)	تحلیلی–مفهومی	کیفی	شهری	کلی	تغییر اقلیم	فناورانه–مفهومی
2	محمدنژاد و عابدینی (1404)	مفهومی	کیفی	شهری	کلی	پایداری اقلیمی	فناورانه

3	حیدری و همکاران (1404)	سیستمی	تحلیلی	شهری	کلی	جزیره حرارتی	اکولوژیک–سلامت
4	ساکت‌حسنلوئی و همکاران(1402)	تطبیقی	کمی–تحلیلی	شهری	نقده–قروه	تغییر اقلیم	مدیریتی–تحلیلی
5	قاسمی و همکاران (1400)	موردی	کمی	محله	اصفهان	تغییر اقلیم	کالبدی
6	آزمون و محمدنژاد (1403)	ارزیابی	کمی	شهری	تبریز	تغییر اقلیم	مدیریتی
7	منافلویان و همکاران (1398)	سنجشی	کمی	شهری	تبریز	تغییر اقلیم	اکولوژیک
8	شکری‌یزدان‌آباد و همکاران(1398)	مروری–مدلی	ترکیبی (ANP)	بافت شهری	کلی	زیست‌محیطی	فناورانه–مدیریتی
9	نصیری و همکاران (1394)	مدلسازی	تحلیلی	شهری	ایلام–دهلران	گردوغبار	فناورانه
10	هوشمند و خرم‌پناه (1400)	کاربردی	فنی	زیرساخت	کلی	کمبود آب	فناورانه
11	خسروی و همکاران (1404)	سنتزپژوهی	کیفی	شهری	کلی	سیل شهری	مفهومی–چندلایه
12	رضائی‌زاده و همکاران (1399)	امکان‌سنجی	کمی	منطقه‌ای	SEایران	پایداری	توسعه‌ای
13	منافلویان و همکاران (1399)	تحلیلی	تحلیلی	منطقه‌ای	ایران	تغییر اقلیم	اکولوژیک
14	فروردین و همکاران (1404)	فراتحلیل	کمی	ملی	ایران	سیل	تحلیلی
15	داوری‌زرنقی و کلانتری (1403)	فراتحلیل	کمی	ملی	ایران	تغییر اقلیم	تحلیلی
16	احمدی و منوچهری (1399)	مدیریتی	کمی	شهرستان	قائنات	مخاطرات طبیعی	مدیریتی
17	برادران‌خانیان و همکاران (1399)	ارزیابی	کمی	کلان‌شهر	تبریز	تحول هوشمند	فناورانه–مدیریتی
18	مهدنژاد وحافظ(1404)	علم‌سنجی	VOSviewer	-	ایران	شهر هوشمند	تحلیلی
19	صراطی و اصغری(1399)	کاربردی	فنی	محله/شهر	کلی	رواناب	فناورانه–سبز

بر اساس این ماتریس، ادبیات فارسی به‌طور غالب کالبدی–اکولوژیک و فناورانه‌محور است؛ مطالعات سیاست‌محور و فرایندیِ شهرسازی در پیوند با تاب‌آوری اقلیمی و شهر هوشمند سهم اندکی دارند.

ماتریس ۲: مؤلفه‌های تاب‌آوری اقلیمی و نسبت با شهر هوشمند

ردیف	نویسنده / سال	مؤلفه اصلی تاب‌آوری	نوع راهکار	سطح مداخله	ارتباط با شهر هوشمند	نوع نگاه
1	محمدنژاد &عابدینی(1404)	سازگاری اقلیمی آینده	نوین	سیاست/مفهوم	مستقیم	مفهومی

2	حیدری و همکاران(1404)	کاهش UHI	ترکیبی	طرح	ضمنی	غیرفناورانه
3	ساکت‌حسنلوئی(1402)	تاب‌آوری شهری	سنتی	سیاست	غایب	-
4	قاسمی و همکاران(1400)	تاب‌آوری کالبدی	سنتی	پروژه	غایب	-
5	آزمون &محمدنژاد(1403)	تاب‌آوری شهری	سنتی	سیاست	غایب	-
6	شکری‌یزدان‌آباد(1398)	کاهش معضلات زیست‌محیطی	ترکیبی	طرح	مستقیم	ابزارمحور
7	نصیری و همکاران(1394)	مدیریت گردوغبار	نوین	سیاست	مستقیم	مدل‌محور
8	هوشمند &خرم‌پناه(1400)	مدیریت آب	نوین	زیرساخت	مستقیم	فنی
9	خسروی و همکاران(1404)	تاب‌آوری سیل	ترکیبی	سیاست	ضمنی	مفهومی
10	داوری‌زرنقی &کلانتری (1403)	تاب‌آوری اقلیمی	تحلیلی	سیاست	غایب	-
11	برادران‌خانیان(1399)	تحول هوشمند	نوین	سیاست	مستقیم	مدیریتی
12	صراطی &اصغری(1399)	مدیریت رواناب	نوین	پروژه	مستقیم	ابزارمحور

بر اساس این ماتریس، در اغلب مطالعات فارسی، «شهر هوشمند» یا غایب است یا صرفاً به‌عنوان ابزار فناورانه مطرح می‌شود و به‌ندرت به‌مثابه *بستر شهرسازیِ تاب‌آور* مفهوم‌پردازی شده است.

ماتریس ۳: سیاست‌پذیری مطالعات

نویسنده	توجه به سیاست	سطح نهادی	قابلیت ترجمه به سیاست
ساکت‌حسنلوئی(1402)	متوسط	شهری	متوسط
آزمون &محمدنژاد(1403)	بالا	شهری	بالا
خسروی و همکاران(1404)	بالا	ملی–شهری	بالا
داوری‌زرنقی(1403)	متوسط	ملی	متوسط
برادران‌خانیان(1399)	بالا	شهری	بالا

ماتریس ۳ نشان می‌دهد که سیاست‌پذیری مطالعات فارسی در حوزه تاب‌آوری اقلیمی و شهر هوشمند به‌صورت ناهمگون و عمدتاً محدود به سطح شهری است؛ به‌طوری‌که تنها معدودی از پژوهش‌ها توانسته‌اند پیوندی روشن میان یافته‌های علمی و سیاست‌گذاری نهادی برقرار کنند. اگرچه برخی مطالعات با رویکرد اجرایی‌تر از قابلیت بالاتری برای ترجمه به سیاست برخوردارند، اما در مجموع فقدان نگاه چندسطحی (شهری–ملی) و نبود چارچوب‌های منسجم برای تبدیل دانش به تصمیمات سیاستی، موجب شده است که بخش قابل توجهی از ادبیات داخلی در سطح توصیه‌های کلی باقی بماند. این وضعیت بیانگر وجود شکاف معنادار میان تولید دانش پژوهشی و نظام سیاست‌گذاری شهری در زمینه تاب‌آوری اقلیمی در بستر شهر هوشمند است.

جدول ۶ – بررسی نقش تحلیلی ماتریس ها ۱ تا ۳ (ماخذ: نگارندگان)

ماتریس	نقش تحلیلی
ماتریس ۱	«این مطالعات چه هستند و چگونه انجام شدند؟»
ماتریس ۲	«مطالعات بر روی چه چیزی تمرکز کرده اند و چه چیزی را نادیده گرفته اند؟»
ماتریس ۳	«آیا قابل تبدیل به سیاست و عمل هستند یا خیر؟»

بررسی ساختار روش‌شناختی مطالعات فارسی نشان می‌دهد که بخش عمده پژوهش‌ها با رویکردهای توصیفی و ارزیابانه و در مقیاس‌های شهری و محله‌ای انجام شده‌اند. سهم مطالعات مدل‌محور و یکپارچه، که بتواند پیوند میان تاب‌آوری اقلیمی و شهر هوشمند را به‌صورت مفهومی و عملیاتی بررسی کند، محدود است. این امر نشان‌دهنده تمرکز پژوهش‌های داخلی بر جمع‌آوری داده‌ها و سنجش شاخص‌هاست و نه بر طراحی چارچوب‌ها و مدل‌های مفهومی برای تصمیم‌گیری شهرسازی.

از منظر محتوایی، مؤلفه‌های تغییر اقلیم، تاب‌آوری و شهر هوشمند در پژوهش‌های فارسی غالباً به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و کمتر پژوهشی به ادغام این ابعاد در قالب یک چارچوب مفهومی منسجم پرداخته است. همچنین، توجه به راهکارهای فناورانه و مدیریتی همزمان با ملاحظات اقلیمی و کالبدی در اکثر مطالعات محدود بوده و اغلب پژوهش‌ها تمرکز خود را صرفاً بر یکی از این جنبه‌ها گذاشته‌اند. این وضعیت نشان‌دهنده یک خلأ در طراحی رویکرد جامع و بین‌رشته‌ای است که می‌تواند نظریه و عمل را همزمان پوشش دهد.

تحلیل سیاست‌پذیری مطالعات فارسی نشان می‌دهد که قابلیت تبدیل یافته‌های پژوهشی به سیاست و عمل در میان مطالعات ناهمگون است. برخی پژوهش‌ها، مانند آزمون و محمدنژاد (۱۴۰۳)، خسروی و همکاران (۱۴۰۴) و برادران‌خانیان و همکاران (۱۳۹۹)، ظرفیت بالایی برای ترجمه به سیاست‌های شهری دارند، اما نگاه چندسطحی میان سیاست‌های محلی و ملی غالباً غایب است. بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها، اگرچه ارزش تحلیلی دارند، فاقد چارچوب‌های نهادی و راهکارهای عملیاتی روشن هستند، و بنابراین نتایج آن‌ها بیشتر در سطح توصیه‌های کلی باقی می‌ماند.

در مجموع، تلفیق نتایج سه ماتریس تحلیلی نشان می‌دهد که ادبیات فارسی حوزه تاب‌آوری اقلیمی در بستر شهر هوشمند با سه چالش اساسی مواجه است: غلبه رویکردهای ارزیابانه بر طراحی مدل‌های مفهومی، ضعف در ادغام مؤلفه‌های اقلیمی، فناورانه و نهادی، و شکاف معنادار میان تولید دانش علمی و نظام سیاست‌گذاری شهری. این خلأها ضرورت انجام پژوهش‌هایی با رویکرد یکپارچه، سیاست‌محور و مدل‌سازی‌شده را برجسته می‌سازد و مسیر منطقی برای مقاله دوم و طراحی مدل پروپوزال دکتری فراهم می‌کند.

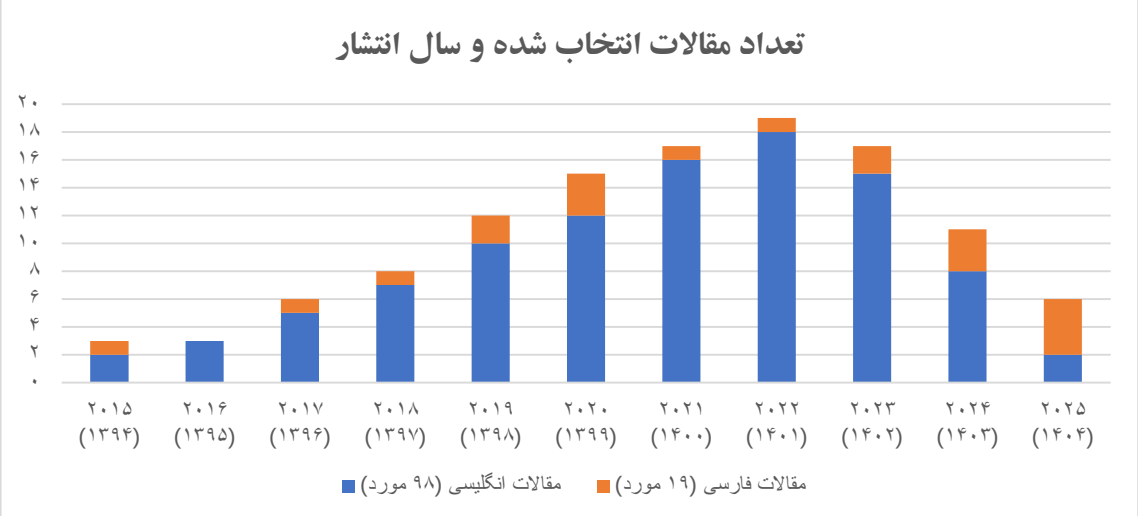
٦- نتایج و بحث

تحلیل محتوای ۹۸ مقاله انگلیسی برگزیده نهایی که در فرآیند غربالگری شناسایی شدند، دو گروه عمده از یافته‌ها را در اختیار پژوهش قرار داد: الگوهای همکاری کلیدواژه‌ای در ادبیات و تحلیل تفصیلی کاربردها و منافع انطباق اقلیمی در بستر شش بُعد شهر هوشمند. یافته‌های هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها (اشکال ۵ و ۶) بر اهمیت تاب‌آوری، مدیریت منابع آب، توسعه پایدار و راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت در کنار مفاهیم شهر هوشمند و حکمرانی داده‌محور تأکید دارند که نشان‌دهنده حرکت کانون پژوهش از تمرکز صرف بر فناوری به سمت توانمندسازی شهروندان و بهینه‌سازی سیستم‌های طبیعی است.

بررسی روند انتشار مقالات منتخب در بازه زمانی مطالعه‌شده نشان می‌دهد که توجه به پیوند میان شهر هوشمند و سازگاری اقلیمی طی سال‌های اخیر روندی صعودی داشته است (شکل ۶). آغاز این جریان عمدتاً با مطالعاتی فناورانه و زیرساخت‌محور همراه بوده، اما از حدود سال ۲۰۱۸ به بعد، رویکردها به‌سمت تمرکز بر پایداری، تاب‌آوری و حکمرانی داده‌محور تغییر یافته‌اند. این روند بیانگر بلوغ تدریجی ادبیات پژوهش از نگاه فنی به سوی نگرش اجتماعی–محیطی در زمینه انطباق هوشمند شهری است.

تحلیل نظام‌مند ادبیات بومی در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴، که منجر به استخراج ۱۹ مقاله هسته از میان ۵۵۲۸ رکورد اولیه گردید، نشان‌دهنده شکل‌گیری یک جریان دانش نوظهور در ایران است. یافته‌های حاصل از ماتریس‌های سه‌گانه (روش‌شناختی، موضوعی و سیاست‌پذیری) حاکی از آن است که کانون توجه پژوهش‌های داخلی از ارزیابی‌های صرفاً کالبدی و توصیفی تاب‌آوری، به سمت مدل‌سازی‌های فناورانه و حکمرانی هوشمند در حال حرکت است. بر اساس ماتریس موضوعی، مدیریت هوشمند منابع آب (به‌ویژه در تقابل با خشکسالی و سیلاب‌های شهری) و به‌کارگیری اینترنت اشیا (IoT) بیشترین سهم را در هم‌افزایی‌های شناسایی شده داشته‌اند که نشان‌دهنده اولویت‌بندی بحران‌های هیدرولوژیک در بستر شهرسازی ایران است.

بررسی روند انتشار مقالات منتخب فارسی (شکل ۷) نشان می‌دهد که برخلاف ادبیات جهانی، این حوزه در ایران تا پیش از سال ۱۳۹۸ در مرحله "شناخت مفاهیم" قرار داشته، اما از ابتدای قرن پانزدهم شمسی (۱۴۰۰ به بعد)، با ورود مطالعات پیشرو در حوزه‌هایی نظیر دوقلوهای دیجیتال، متاورس و سنتزپژوهی‌های چندلایه تاب‌آوری، وارد فاز "ارائه چارچوب‌های عملیاتی" شده است. تحلیل ماتریس سیاست‌پذیری نشان می‌دهد که علیرغم غنای تئوریک در ارائه الگوهای هوشمند، همچنان شکافی میان یافته‌های آکادمیک و تدوین اسناد فرادستی شهری وجود دارد؛ با این حال، مطالعات اخیر (۱۴۰۳ و ۱۴۰۴) با رویکردی کاربردی‌تر، به دنبال تبدیل زیرساخت‌های هوشمند به ابزارهای تاب‌آوری بوم‌شناسانه هستند که این امر بیانگر نزدیکی دیدگاه پژوهشگران داخلی به استانداردهای مدل مارپیچ پنج‌گانه در زمینه پایداری محیطی است.



شکل ۷ –مطالعات بررسی شده بر اساس سال انتشار (ماخذ: یافته های پژوهش)

«در گام نخست، برای تبیین مبانی مفهومی پژوهش، تعاریف به‌کاررفته از «شهر هوشمند» در ادبیات جهانی و داخلی مرتبط با سازگاری اقلیمی مرور و طبقه‌بندی شدند (جدول ۷). یافته‌های حاصل از سنتز ادبیات بین‌المللی و داخلی نشان می‌دهد که مفهوم

شهر هوشمند در گذر زمان، از رویکردی صرفاً فناورانه[22] به رویکردی چندبعدی و تاب‌آور تحول یافته است. در حالی که تعاریف اولیه در هر دو بستر، بیشتر بر بهره‌گیری از زیرساخت‌های دیجیتال و پایش داده‌ها تمرکز داشتند، مطالعات جدیدتر (به‌ویژه از سال ۲۰۲۲ به بعد در منابع انگلیسی و ۱۴۰۲ در منابع فارسی) ابعاد بوم‌شناختی، حکمرانی مشارکتی و عدالت اجتماعی را به‌عنوان عناصر کلیدی در تحقق انطباق اقلیمی ادغام کرده‌اند. در ادبیات داخلی، این تحول مفهومی با عبور از نگاه‌های کالبدی صلب به سمت الگوهای "هوشمندی بوم‌شناسانه" و مدیریت هوشمند بحران (نظیر سیل و خشکسالی) مشهود است. این بلوغ مفهومی در هر دو مقیاس، زمینه‌ساز تحلیل‌های بعدی پژوهش در خصوص شناسایی الگوهای هم‌افزایی میان ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند و مؤلفه‌های مدل مارپیچ پنج‌گانه است.»

جدول ۷ - تعاریف بکار رفته ی شهرهای هوشمند در ادبیات سازگاری با تغییرات اقلیمی (ماخذ: نگارندگان)

شماره	منبع مطالعه	نوع تعریف	نقل‌قول‌ها از ادبیات پژوهش
۱	[۴۵]	تعریف شهرهای هوشمند	مفهوم شهرهای هوشمند بر استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای کاهش مصرف منابع تمرکز دارد و قویاً فناوری‌محور است.(Saringer-Bory et al., 2012)
۲	[۲۰]	تعریف شهرهای هوشمند	این پروژه‌های چند میلیارد دلاری که معمولاً با برچسب‌هایی چون شهرهای زیست‌محیطی ، شهرهای هوشمند یا شهرهای آینده نامیده می‌شوند، طرح‌های جامع توسعه محصور یا مناطق اقماری جدیدی هستند که ظاهراً بر مبنای تابولا راسا[23] ساخته شده و با فناوری‌های سبز تقویت می‌شوند؛ فناوری‌هایی که امکان مدیریت کارآمد شهری، کیفیت هوای پاک‌تر و رشد اقتصادی را فراهم می‌آورند (Moser, 2015; Watson, 2014).
۳	[۲۶]	تعریف شهرهای هوشمند	بام‌های سبز نیز می‌توانند به عنصری از »شهرهای هوشمند «تبدیل شوند، یعنی شهرهایی که برای بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته به منظور دوستدار محیط زیست بودن و عدالت اجتماعی بیشتر، طراحی شده‌اند.
٤	[۵۴]	تعریف شهرهای هوشمند و هوشمندتر	طبق کمیسیون اروپا (۲۰۱۳)، شهرهای هوشمند، شهرهایی هستند که بر فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) ، انرژی و حمل‌ونقل تمرکز دارند. این تعریف اخیراً گسترش یافته و آب و مدیریت پسماند را نیز شامل می‌شود (European Commission 2015a) »شهرهای هوشمندتر[24] ، شهرهایی هستند که بر یک دستور کار منسجم بلندمدت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تمرکز دارند. شهرهای هوشمندتر، شهرهای هوشیار در مدیریت آب هستند که دستور کارهای بخشی خود را در زمینه‌های آب، فاضلاب، انرژی، پسماند جامد، حمل‌ونقل، ICT، انطباق اقلیمی و طبیعت در یک دستور کار شهری رو به جلو و منسجم ادغام می‌کنند تا منافع مشترک را به حداکثر رسانده و هزینه‌ها را به حداقل برسانند. شهرهای هوشمندتر اقتصاد دایره‌ای را پیاده‌سازی کرده (EMF 2014, 2015a; European Commission 2015 b)، بر نوآوری اجتماعی تمرکز داشته (Science Communication Unit, 2014) و نکته آخر اینکه، حکمرانی را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشند.(OECD, 2011a, 2015a, 2015b)

[22] Technocentric
[23] Tabula Rasa
[24] Smarter Cities

	[۱۳]	تعریف هوشمندی بوم‌شناسانه	شهر هوشمند فراتر از زیرساخت دیجیتال، سیستمی است که با استفاده از پایش لحظه‌ای متغیرهای محیطی، "تاب‌آوری بوم‌شناسانه" را ارتقا داده و تعادلی پویا میان زیست‌بوم شهری و تغییرات اقلیمی برقرار می‌کند.
	[۱۲]	تعریف شهر پایدار هوشمند	در بستر شهرهای ایران، شهر هوشمند به معنای یکپارچه‌سازی ابزارهای ICT با برنامه‌ریزی کالبدی است تا بهره‌وری منابع در مناطق حساس به تغییرات اقلیمی (مانند مناطق خشک و نیمه‌خشک) افزایش یابد.
	[۱۱]	تعریف هوشمندی چندلایه	شهر هوشمند در مواجهه با مخاطرات اقلیمی (مانند سیل)، لایه‌ای از "حسگری اجتماعی-فنی" است که از طریق تولید داده‌های مشارکتی و پیش‌بینی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، ظرفیت سازگاری سکونتگاه‌های آینده را تضمین می‌کند.

در پی مرور نظام‌مند ادبیات و تحلیل روند تحول مفهومی شهر هوشمند در حوزه سازگاری اقلیمی (مطابق با جدول ۷ و تحلیل‌های گرافیکی)، الگوی هم‌افزایی میان ابعاد مختلف هوشمندی و توان انطباق شهری آشکار گردید. نتایج حاصل از تحلیل هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها در منابع بین‌المللی و واکاوی ماتریس‌های سه‌گانه در مقالات فارسی نشان می‌دهد که این پیوندها در قالب سه محور اصلی یا "خوشه‌های هم‌افزا" قابل تفکیک هستند. این محورها نمایانگر مسیر تکاملی نقش شهر هوشمند از یک «ابزار صرفاً فنی» به یک «نظام نوآوری جامع» (بر مبنای مدل مارپیچ پنج‌گانه) در مواجهه با تغییرات اقلیمی‌اند.

بر این اساس، ابتدا هسته اجتماعی-نهادی و حکمرانی هوشمند (با تمرکز بر مشارکت شهروندان و ظرفیت‌های مدیریتی) به‌عنوان زیربنای هم‌افزایی شناسایی می‌شود. در لایه دوم، محور محیط‌زیست بوم‌شناسانه و اقتصاد پایدار با بهره‌گیری از فناوری‌های پایش لحظه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت، با تلفیق این دو سطح، الگوی جامع کاربست شهر هوشمند تبیین می‌گردد که نشان می‌دهد چگونه تعامل میان بازیگران (دولت، دانشگاه، صنعت، جامعه و محیط‌زیست) می‌تواند منجر به تولید هم‌افزایی‌های پایدار در برابر مخاطرات اقلیمی گردد.

۱-٦- هسته اجتماعی-نهادی، مبنای هم‌افزایی

تحلیل الگوهای هم‌افزایی، به‌ویژه در لایه‌ی هسته اجتماعی-نهادی (مطابق با جدول ۸)، نشان می‌دهد که ابعاد «حکمرانی هوشمند» و «شهروندان هوشمند» نه تنها به عنوان تسهیل‌گر، بلکه به عنوان محرک‌های بنیادین فرآیند انطباق عمل می‌کنند. در این الگو، حکمرانی هوشمند (در نقش دولت و سیاست) از طریق سیاست‌گذاری داده‌محور و توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، چارچوب‌های قانونی و سرمایه‌گذاری عمومی لازم را برای تبدیل تصمیمات سنتی به تصمیمات «مبتنی بر شواهد» فراهم می‌آورد.

یافته‌های حاصل از ماتریس‌های تحلیل مقالات فارسی و انگلیسی نشان می‌دهد که این هسته، از طریق تعامل میان بازیگران مدل مارپیچ پنج‌گانه، هم‌افزایی‌های زیر را محقق می‌سازد:

- حکمرانی هوشمند و تصمیم‌گیری شواهدمحور: پیوند میان دولت، دانشگاه و صنعت در قالب پلتفرم‌های یکپارچه‌سازی داده‌های سنسوری و هواشناسی، امکان مدل‌سازی دقیق خطرات اقلیمی (نظیر سیلاب‌های شهری که در مطالعات داخلی ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ بر آن تأکید شده) را برای برنامه‌ریزان شهری فراهم می‌کند. این امر منجر به تقویت اعتماد نهادی و پاسخگویی از طریق داشبوردهای شفافیت می‌گردد.

- شهروندان هوشمند و تولید مشترک داده: در این لایه، جامعه مدنی از مصرف‌کننده صرف به «تولیدکننده داده‌های مردمی»[25] تغییر نقش می‌دهد. ابزارهای تعاملی مبتنی بر وب و موبایل، با ایجاد سامانه‌های گزارش‌دهی محلی، هم‌افزایی مستقیمی میان آگاهی اجتماعی و واکنش سریع به بحران‌های اقلیمی ایجاد می‌کنند.
- تغییر رفتارهای اقلیمی: تعامل دانشگاه و جامعه مدنی در بستر شهر هوشمند، منجر به ترویج مصرف بهینه آب و انرژی (به‌ویژه در دوره‌های تنش گرمایی و خشکسالی) می‌شود. این تغییر رفتار که از طریق سامانه‌های شخصی‌سازی شده آگاهی از ریسک پشتیبانی می‌شود، تأیید می‌کند که بستر فناوری در درجه اول برای تقویت «ظرفیت اجتماعی» به‌کار گرفته می‌شود؛ ظرفیتی که پیش‌شرط هرگونه اقدام مؤثر در بازوهای دیگر مارپیچ پنج‌گانه (محیط‌زیست و اقتصاد) محسوب می‌گردد.

جدول ۸ – هم‌افزایی میان ابعاد اجتماعی–نهادی شهر هوشمند و مارپیچ پنجگانه

بُعد شهر هوشمند	کاربرد کلیدی شهر هوشمند	بازیگر کلیدی مدل مارپیچ پنجگانه	منطق یا منفعت هم‌افزایی
حکمرانی هوشمند	سیاست‌گذاری داده‌محور و توسعه زیرساخت‌های دیجیتال	دولت و سیاست	فراهم‌کننده چارچوب‌های قانونی و سرمایه‌گذاری عمومی برای داده‌محور شدن تصمیمات انطباق.
	پلتفرم‌های یکپارچه‌سازی داده‌های سنسوری و هواشناسی	دولت و دانشگاه	تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد: مدل‌سازی خطرات اقلیمی برای برنامه‌ریزان شهری.
	داشبوردهای شفافیت سیاست‌های انطباق و بودجه‌بندی	دولت و صنعت	تقویت اعتماد نهادی و پاسخگویی: ارزیابی عمومی اثربخشی پروژه‌های تاب‌آوری.
شهروندان هوشمند	ابزارهای تعاملی مبتنی بر وب و موبایل برای گزارش‌دهی مردمی	جامعه مدنی و رسانه	تولیدکنندگان داده‌های مردمی و اعمال فشار برای شفافیت حکمرانی و پذیرش راه‌حل‌های جدید.
	سامانه‌های گزارش‌دهی و هشدار اجتماعی محلی	جامعه مدنی	افزایش مشارکت اجتماعی و آگاهی: جمع‌آوری داده‌های محلی در مورد سیلاب یا قطعی‌ها برای واکنش سریع‌تر.
	کمپین‌ها و سامانه‌های شخصی‌سازی شده آگاهی از ریسک	دانشگاه و جامعه مدنی	تغییر رفتار مصرفی و ترویج مصرف بهینه آب و انرژی در دوره‌های تنش گرمایی یا خشکسالی.

۲-۶- اولویت محیط زیست و رفاه، نقش حمایتی اقتصاد

بر پایه زیربنای اجتماعی–نهادی، کاربردهای ابعاد باقی‌مانده شهر هوشمند بر دستاوردهای زیست‌محیطی، رفاهی و ایجاد ساختارهای حمایتی متمرکز هستند (مطابق با جدول ۹). یافته‌های حاصل از تحلیل ماتریسی مقالات داخلی و سنتز پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که ابعاد «محیط هوشمند» و «زندگی هوشمند» مستقیماً با چالش‌های فیزیکی و بیولوژیکی اقلیم مقابله می‌کنند، در حالی که «اقتصاد» و «حمل‌ونقل هوشمند» لایه‌های حفاظتی و کاهش ریسک را تقویت می‌نمایند.

تحلیل هم‌افزایی‌ها در این محور بر اساس مدل مارپیچ پنج‌گانه به شرح زیر تبیین می‌گردد:

- محیط و زندگی هوشمند؛ تقابل مستقیم با بحران: تعامل میان محیط طبیعی، دولت و صنعت منجر به شکل‌گیری شبکه‌های حسگری هوشمند برای پایش کیفیت منابع و سامانه‌های رصد از راه دور پوشش گیاهی شده است. این فناوری‌ها با هدف

[25] Crowdsourcing

مدیریت بهینه منابع طبیعی و کاهش اثرات جزیره حرارتی شهری (که در مطالعات فارسی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۴ بر آن تأکید شده) به‌کار گرفته می‌شوند. همچنین، پیوند میان جامعه مدنی و دولت در قالب سامانه‌های هشدار سریع فردی، حفاظت از سلامت عمومی در برابر استرس‌های گرمایی را به عنوان یک اولویت در مقوله رفاه هوشمند تثبیت کرده است.

- تحرک هوشمند؛ تاب‌آوری زیرساختی و امداد: در این لایه، صنعت و دولت از طریق پلتفرم‌های بهینه‌سازی مسیر و مدیریت هوشمند ترافیک، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حمل‌ونقل را در شرایط شدید آب‌وهوایی کاهش می‌دهند. این اقدام نه تنها به کاهش انتشار کربن کمک می‌کند، بلکه زمان‌بندی امدادرسانی در بحران‌های اقلیمی را بهینه‌سازی می‌نماید.
- اقتصاد هوشمند؛ مدیریت شوک و ثبات مالی: برخلاف رویکردهای سنتی، اقتصاد هوشمند در اینجا نقشی حمایتی ایفا می‌کند. تعامل دانشگاه و صنعت در قالب سامانه‌های تحلیل ریسک، به بخش خصوصی کمک می‌کند تا با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تاب‌آور، شوک‌های مالی ناشی از تغییرات اقلیمی را مدیریت نماید. اگرچه پایش خودکار انرژی به کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود، اما هدف نهایی، تضمین پایداری اقتصادی در برابر بلایای طبیعی است.

این یافته‌ها به‌طور قاطع نشان می‌دهند که در پارادایم انطباق هوشمند، پایداری بوم‌شناختی و رفاه شهروندان بر بهره‌وری اقتصادی محض اولویت یافته و اقتصاد تنها به عنوان ابزاری برای تقویت تاب‌آوری سیستم عمل می‌کند.

جدول ۹ – هم‌افزایی میان ابعاد زیست‌محیطی–اقتصادی شهر هوشمند و مارپیچ پنجگانه

بُعد شهر هوشمند	کاربرد کلیدی شهر هوشمند	بازیگر کلیدی مدل مارپیچ پنجگانه	منفعت و منطق هم‌افزایی اقلیمی
محیط هوشمند	شبکه‌های حسگری هوشمند برای پایش کیفیت آب و هوا	محیط طبیعی و صنعت	مدیریت بهینه منابع طبیعی و تشخیص سریع آلودگی‌ها و نشت‌ها.
	سامانه‌های رصد از راه دور برای نظارت بر پوشش گیاهی	محیط طبیعی و دولت	کاهش اثرات جزیره حرارتی شهری با بهینه‌سازی فضاهای سبز و زیرساخت‌های آبی.
زندگی هوشمند	سامانه‌های هشدار سریع فردی برای امواج گرما	جامعه مدنی و دولت	حفاظت از سلامت عمومی و رفاه در برابر استرس گرمایی.
	پلتفرم‌های بهینه‌سازی مسیر و زمان‌بندی امدادرسانی	صنعت و دولت	افزایش تاب‌آوری شهری و سرعت واکنش در بحران‌های اقلیمی (سیل، طوفان).
حمل‌ونقل هوشمند	پلتفرم‌های بهینه‌سازی مسیر و زمان‌بندی هوشمند امدادرسانی	صنعت و دولت	کاهش آسیب‌پذیری فیزیکی زیرساخت‌ها در شرایط جوی شدید و مدیریت تخلیه اضطراری.
	مدیریت هوشمند ترافیک و زیرساخت‌های جاده‌ای	صنعت و دولت	کاهش انتشار کربن به عنوان منفعت ثانویه و تقویت سلامت محیط شهری.
	بهینه‌سازی شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی و سبز	صنعت و محیط طبیعی	کاهش انتشار کربن و تقویت سلامت محیط شهری.
اقتصاد هوشمند	سامانه‌های پایش خودکار بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها	صنعت و دولت	کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری انرژی.
	سامانه‌های تحلیل ریسک‌های اقلیمی برای بخش خصوصی	دانشگاه و صنعت	مدیریت ریسک مالی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تاب‌آور.

۳-٦- الگوهای مفهومی و کاربست جامع

تحلیل گسترده‌ی ادبیات در این مرحله (مطابق با جداول ۱۰ و ۱۱)، یافته‌های مربوط به خوشه‌های کارکردی را تقویت و تثبیت می‌کند. الگوهای هم‌افزایی استخراج‌شده در جدول ۸، منجر به ظهور مفاهیم ترکیبی نظیر «شهر هوشمند اقلیم‌محور» و «زیرساخت سبز هوشمند» شده است. ویژگی منحصربه‌فرد این الگوها آن است که تمامی پنج مارپیچ مدل QHM (دولت، صنعت، دانشگاه، جامعه و محیط‌زیست) به‌طور هم‌زمان در فرآیند تحقق آن‌ها نقش‌آفرینی می‌کنند. این امر نشان می‌دهد که پیوند میان فناوری و انطباق در سطح نظری، به یک «الگوی جامع» ختم شده است که در آن عناصر دیجیتال با اکوسیستم‌های طبیعی تلفیق شده‌اند.

در ادامه، جدول ۱۱ در یک نگاه کلان تأیید می‌کند که کاربست ابعاد مختلف شهر هوشمند، صرفاً یک دستاورد فنی نیست؛ بلکه زنجیره‌ای از منافع را به همراه دارد که در چهار محور اصلی: تاب‌آوری اجتماعی، انسجام نهادی، پایداری منابع و ایمنی بوم‌شناختی متبلور می‌شود. این نتایج نشان می‌دهند که شهر هوشمند در بستر تغییرات اقلیمی، به عنوان یک نظامِ توانمندساز عمل می‌کند که قادر است ظرفیت‌های پراکنده‌ی شهری را برای مقابله با شوک‌های محیطی یکپارچه سازد.

جدول ۱۰- الگوها و تعاریف هم‌افزایی میان شهر هوشمند و انطباق اقلیمی

مفهوم یا الگو	ویژگی‌ها و کارکردها	ارتباط با انطباق اقلیمی	مارپیچ مرتبط
شهر هوشمند اقلیم‌محور	بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال برای رصد تغییرات اقلیمی، تحلیل داده‌های محیطی و اتخاذ تصمیمات شهری در راستای کاهش اثرات سازگار با اقلیمی	افزایش تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر پدیده‌های اقلیمی	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست
برنامه‌ریزی داده‌محور شهری	استفاده از داده‌های مکانی، حسگرهای محیطی و سامانه‌های هوشمند برای شناسایی مناطق پرخطر و برنامه‌ریزی برای سازگاری	تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد برای سازگاری با گرمایش جهانی و بحران آب	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست
زیرساخت سبز هوشمند	ترکیب فناوری‌های دیجیتال با عناصر طبیعی (مانند بام سبز، دیوار سبز، سنجش‌گرهای کیفیت هوا) برای بهبود عملکرد اقلیمی شهر	کنترل دمای شهری، بهبود کیفیت هوا و کاهش اثر جزیره حرارتی	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست
سامانه‌های هشدار سریع اقلیمی	بهره‌گیری از هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء برای پیش‌بینی و هشدار درباره مخاطرات اقلیمی مانند سیلاب، خشکسالی و آلودگی	افزایش تاب‌آوری شهری و کاهش خسارات جانی و مالی	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست
اقتصاد چرخشی شهری	استفاده از مدل‌های تولید و مصرف پایدار، بازیافت هوشمند و کاهش ضایعات با پشتیبانی داده‌ای	کاهش منابع مصرفی و بهبود مدیریت زیست‌محیطی شهر	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست
شهر هوشمند زیست‌پذیر	تأکید بر همزیستی انسان و محیط در بستر فناوری، حفظ منابع طبیعی و افزایش کیفیت زندگی در شرایط تغییر اقلیم	تلفیق عدالت محیطی و رفاه اجتماعی با کارایی اقلیمی	دانشگاه–دولت–صنعت–جامعه–محیط زیست

جدول ۱۱ – کاربست ابعاد مختلف شهر هوشمند در انطباق با تغییرات اقلیمی

ابعاد شهر هوشمند	کاربردها و مصادیق کلیدی	منافع یا نتایج مورد انتظار	منابع
شهروندان هوشمند و حکمرانی هوشمند	مشارکت در تصمیم‌گیری، هم‌تولیدی و هم‌طراحی در سیاست‌های اقلیمی، کمپین‌های آگاهی عمومی، ظرفیت‌سازی نهادی و ارتباطات فرابخشی.	افزایش تاب‌آوری اجتماعی، شفافیت، یادگیری مادام‌العمر و انسجام نهادی.	[33]، [34]، [56]، [53]، [67]، [71]، [1]، [2]، [15]، [17]، [18]
محیط هوشمند	پایش و مدیریت انرژی و منابع، برنامه‌ریزی اکولوژیک، شبکه‌های هوشمند، نکسوس آب–انرژی–غذا، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار.	افزایش بهره‌وری انرژی و آب، کاهش آلودگی، بهبود سلامت و رفاه عمومی.	[33]، [40]، [46]، [54]، [63]، [74]، [79]، [80]، [3]، [8]، [9]، [10]، [13]
حمل‌ونقل هوشمند	مدیریت تقاضای سفر، استفاده از وسایل نقلیه پاک، کاهش ازدحام و انتشار آلاینده‌ها، طراحی مسیرهای هوشمند.	کاهش آلودگی، بهبود کیفیت هوا، افزایش کارایی شبکه حمل‌ونقل.	[40]، [46]، [12]
زندگی هوشمند	طراحی مسکن پایدار و مقاوم در برابر بلایا، ساختمان‌های سبز، کشاورزی شهری، مدل‌سازی اقلیم خرد، بهسازی مناطق آسیب‌پذیر و ارتقای سلامت عمومی.	بهبود کیفیت زندگی، تاب‌آوری در برابر گرما و سیل، سلامت و ایمنی اجتماعی.	[22]، [26]، [38]، [61]، [63]، [74]، [76]، [78]، [86]، [4]، [5]، [6]، [7]، [11]، [14]، [16]، [19]

توزیع منابع در جدول ۱۱ نشان می‌دهد که ادبیات داخلی ایران (منابع ۱ تا ۱۹) به‌ویژه در سال‌های اخیر، تمرکز قابل‌توجهی بر ابعاد «زندگی هوشمند» و «محیط هوشمند» داشته است. این امر بازتاب‌دهنده اولویت‌های ملی در زمینه مدیریت بحران‌هایی نظیر سیل (منابع ۱۱ و ۱۴)، تنش‌های آبی (منبع ۱۰) و تاب‌آوری کالبدی (منابع ۴ و ۵) است. همچنین، ورود منابع فارسی به بُعد «شهروندان و حکمرانی هوشمند» از طریق مفاهیم نوظهوری مانند متاورس (منابع ۱ و ۲) نشان‌دهنده آغاز شیفت پارادایمی در پژوهش‌های داخلی به سمت لایه‌های نرم‌افزاری و حکمرانی آینده‌نگر است.

بر اساس سنتز نهایی یافته‌ها، نتایج کلیدی زیر قابل تبیین است:

- مدل مارپیچ پنج‌گانه و بازیگری محیط‌زیست: این پژوهش کارآمدی مدل QHM را برای تبیین هم‌افزایی‌های اقلیمی تأیید می‌کند. با گنجاندن «محیط‌زیست طبیعی» به‌عنوان یک مارپیچ فعال و نه صرفاً بستر فیزیکی، مدل نشان می‌دهد که اکوسیستم‌های شهری به نیروی محرکه‌ای برای هدایت نوآوری‌های هوشمند به سمت «راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت» تبدیل شده‌اند. در واقع، بازیگران اجتماعی و دولتی، زیرساخت و انگیزه لازم را فراهم می‌کنند تا هدف نهایی شهر هوشمند از «کارایی محض» به «تاب‌آوری اکوسیستم شهری» تغییر یابد.
- انتقال پارادایم به رویکرد اجتماعی–فناورانه[۲۶]: یافته‌های پژوهش یک چرخش اساسی در ادبیات را برجسته می‌سازد: اولویت‌دهی آشکار به پایداری اجتماعی و محیطی بر کارایی اقتصادی سنتی. همان‌طور که در تحلیل ابعاد اقتصاد هوشمند مشخص شد، منافع مالی دیگر هدف غایی نیستند، بلکه به‌عنوان ابزارهای حمایتی برای کاهش ریسک و تضمین ثبات سیستم در برابر شوک‌های اقلیمی عمل می‌کنند. این امر نشان‌دهنده بلوغ مفهوم شهر هوشمند از نصب حسگرهای فنی به سمت تقویت ظرفیت‌های نهادی و رفتاری جامعه است.
- دلالت‌های سیاستی و راهبردی: نتایج این مرور نظام‌مند، دلالت‌های مستقیمی برای سیاست‌گذاران و مدیران شهری (به‌ویژه در کلان‌شهرهای با ریسک بالای اقلیمی) دارد:

[26] Socio-Technical

۱. تغییر معیارهای ارزیابی: ارزیابی موفقیت طرح‌های هوشمند باید از شاخص‌های اقتصادی به سمت سنجش «تاب‌آوری اجتماعی»، «عدالت فضایی» و «سلامت محیط‌زیست» (نظیر کاهش جزایر حرارتی) حرکت کند.
۲. تقویت فرآیند هم‌تولیدی[۲۷]: برنامه‌ریزان شهری باید با ارزش‌گذاری بر داده‌های اجتماعی و مشارکت داوطلبانه شهروندان در کنار داده‌های سنسوری، از راه‌حل‌های فنی کلان به سمت استراتژی‌های انطباقی بومی‌سازی شده و محله‌محور حرکت کنند.

این ساختار تحلیلی نشان می‌دهد که کاربست ابعاد مختلف شهر هوشمند در نهایت به زنجیره‌ای از منافع شامل تاب‌آوری اجتماعی، انسجام نهادی، پایداری منابع و ایمنی بوم‌شناختی ختم می‌شود که شالوده شهرهای آینده را در عصر تغییرات اقلیمی شکل می‌دهد.

۷- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف واکاوی الگوهای تعامل و منافع هم‌افزای میان انطباق با تغییرات اقلیمی و توسعه شهر هوشمند، یک مرور نظام‌مند جامع را بر منابع منتخب بین‌المللی و داخلی در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ به انجام رساند. یافته‌های حاصل از سنتز محتوایی ۹۸ مقاله انگلیسی و ۱۹ مقاله کلیدی فارسی در محیط نرم‌افزار MAXQDA، مؤید این واقعیت است که مدل مارپیچ پنج‌گانه (QHM) با گنجاندن صریح «محیط‌زیست طبیعی» در اکوسیستم نوآوری، توانمندی بالایی در تبیین نقش بازیگران متعدد و زیرساخت‌های دیجیتال در جهت ارتقای تاب‌آوری شهری دارد. در واقع، ابزار متدولوژیک این پژوهش یعنی تدوین «ماتریس نگاشت مفاهیم» و استخراج جداول تحلیل هم‌افزایی، منطق ارتباطی میان ابعاد شش‌گانه شهر هوشمند گیفینگر و پنج مارپیچ مدل QHM را کاملاً شفاف ساخت و نشان داد که چگونه لایه‌های کالبدی-فناورانه به محرک‌های نهادی-محیطی متصل می‌شوند.

نتایج حاصل از پاسخ به سؤالات پژوهش نشان داد که یک چرخش پارادایمی اساسی در ادبیات این حوزه رخ داده است؛ به طوری که اولویت‌دهی به پایداری اجتماعی و محیطی بر کارایی اقتصادی سنتی پیشی گرفته و ابعاد «شهروندان هوشمند» و «حکمرانی هوشمند» به عنوان محرک‌های بنیادین انطباق شناخته می‌شوند. در این چارچوب تعاملی، فناوری‌های هوشمند از ابزارهایی صرفاً فنی به تسهیل‌گرانی نهادی برای مدیریت زیرساخت‌های سبز و کاهش جزایر حرارتی تبدیل شده‌اند و بُعد اقتصاد هوشمند نیز نه در نقش افزاینده سود، بلکه به عنوان یک کاهنده زیان و تضمین‌کننده ثبات مالی در برابر شوک‌های اقلیمی عمل می‌کند. این هم‌افزایی که در مطالعات جدید داخلی با مفاهیمی نظیر متاورس و دوقلوهای دیجیتال پیوند خورده، نشان‌دهنده بلوغ مفهوم شهر هوشمند به سمت یک نظام اجتماعی-فناورانه است که ظرفیت نهادی و بوم‌شناختی جامعه (تعامل دولت، دانشگاه، صنعت و شهروندان با طبیعت) را زیربنای اصلی تاب‌آوری می‌داند.

هرچند این مرور نظام‌مند با اتکا به فرآیند ماتریسی و چارچوب QHM، الگوی تحلیلی منسجمی ارائه کرده است، اما محدودیت‌هایی نظیر نادیده گرفتن موانع نهادی، هزینه‌های پیاده‌سازی زیرساخت‌های هوشمند و چالش‌های اخلاقی مربوط به حریم خصوصی داده‌ها در آن مشهود است که پرداختن به آن‌ها می‌تواند واقع‌بینی الگوهای پیشنهادی را دوچندان کند. از این رو، برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران بر تحلیل نظام‌مند موانع حکمرانی و مقاومت‌های اجتماعی در برابر پذیرش راهکارهای انطباق هوشمند تمرکز کرده و به تدوین شاخص‌های ارزیابی عملکردی بپردازند که موفقیت پروژه‌ها را فراتر از نرخ بازگشت سرمایه، بر اساس مزایای تاب‌آوری اکولوژیک و عدالت فضایی بسنجند. همچنین، انجام مطالعات موردی تطبیقی در مناطق جغرافیایی با

[27] Co-production

ویژگی‌های اقلیمی متفاوت، نظیر مقایسه کلان‌شهرهای ساحلی با مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، می‌تواند درک عمیق‌تری از میزان تأثیرگذاری مدل مارپیچ پنج‌گانه در بافت‌های شهری گوناگون فراهم آورده و به سیاست‌گذاران در تدوین استراتژی‌های انطباقی بومی‌سازی شده یاری رساند.

منابع

[1] Mohammadzadeh, & Abedini. (2025). Challenges and Opportunities of the Metaverse in Adapting to Urban Climate Change. Geography and Human Relations, 7(3), 38–52. [In Persian]

[2] Mohammadzadeh, & Abedini. (2025). Metaverse: Opportunities and Challenges in the Sustainability of Future Cities. Journal of Sustainable City, 8(1), 1–16. [In Persian]

[3] Heydari, Habibi, & Amin. (2025). A systemic investigation of the link between ecological resilience, urban heat islands, and public health. Manzar, 17(71), 44-55. [In Persian]

[4] Saket Hasanlouei, Aghabaghlou, Shahin, Asadi, Hiva, & Salgi. (2023). Exploring the Dimensions and Components of Urban Resilience with Emphasis on Climate Change: A Comparative Assessment of Naqadeh and Qorveh Cities. Rahpouyeh Architecture and Urban Planning, 2(1), 81–93. [In Persian]

[5] Ghasemi, Soleimani, Jazini, Sarlaki, Hajian, & Amirmahdi. (2021). Assessment of Climate Resilience in the Physical Dimension (Case Study: Naqsh-e Jahan Neighborhood, Isfahan, Iran). Urban Sustainable Development, 2(5), 53–63. [In Persian]

[6] Azmoon, & Mohammadzadeh. (2024). Evaluating Urban Resilience in Facing Climate Change in Tabriz. Quarterly Journal of Urban Environmental Management, 2(1), 67–81. [In Persian]

[7] Manaflooyan, Sadat Saeedeh Zarrabadi, & Behzadfar. (2019). Measuring Factors Affecting Climate Resilience (Case Study: Tabriz). New Perspectives in Human Geography, 5(1), 509. [In Persian]

[8] Shokri-Yazdanabad, Shadi, & Behzadfar. (2019). Reducing Environmental Problems in Organic and Old Urban Fabrics through a Smart City Approach (Literature Review and Development of a Field Study Framework Using ANP Technique). Urban and Rural Management, 54(20), 115–128. [In Persian]

[9] Nasiri Esmaeil, Ahmadi Hamzeh, & Ahmadi Taleb. (2015). Statistical Analysis of Dust Hazard Occurrence and Presentation of a Conceptual Smart City Model to Confront It (Case Study: Ilam and Dehloran). Journal of Environmental Studies, 41(3), 541–556. [In Persian]

[10] Hooshmand, & Khorram Panah. (2021). Smart City Solutions to Address Water Scarcity Crisis Based on the KNX Protocol. Water and Wastewater Science and Engineering, 6(2), 5–14. [In Persian]

[11] Khosravi, Hosseini, Seyed-Bagher, Mohammadi-Moradi, & Saleh-Sedghpour. (2025). Qualitative Research Synthesis on the Resilience of Future Settlements against Urban Floods: Presenting a Multi-layered Framework. Future Cities Outlook, 22(6), 171–193. [In Persian]

[12] Rezaei Zadeh Mahabadi, Kamran, Mohammadi, & Sarvar. (2020). Feasibility of Establishing Sustainable and Smart Cities in Iran: Case Study of Southeast Iran. Geography Quarterly (Regional Planning), 9(37), 643–658. [In Persian]

[13] Manaflooyan, Saeedeh Zarrabadi, & Behzadfar. (2020). Identifying and Examining the Current Status of Climate Change and Its Challenges in Ecological Resilience. Geography and Regional Planning Quarterly, 10(39), 447–462. [In Persian]
[14] Farvardin, Adeli, & Babakhani. (2025). Meta-analysis of Resilience Studies against Flood Hazards in Iran and the World. Natural Environmental Hazards, 14(1), 1–18. [In Persian]
[15] Davari Zarnaghi, & Kalantari. (2025). Meta-analysis of Climate Change and Urban Resilience Research in Iran. Urban Space and Social Life, 3(10), 32–51. [In Persian]
[16] Abdolmajid Ahmadi, & Soran Manouchehri. (2020). Assessing the Status and Analyzing Factors Affecting the Desirability of Natural Hazard Crisis Management in Qaenat County. Journal of Spatial Planning, 10(2), 89–104. [In Persian]
[17] Baradaran Khanian, Panahi, & Asgharpoor. (2020). Investigating the Current Status of Smart Transformation in Tabriz Metropolis. Urban Economics, 5(2), 85–112. [In Persian]
[18] Mahdnejad, & Hafez. (2025). Mapping Smart City Knowledge: An Analytical Approach Using VOSviewer. Urban Economics, 10(2), 35–50. [In Persian]
[19] Serati, & Asghari Kalashani. (2020). Urban Runoff Management Using Green Filters and the Internet of Things. Water, Soil and Air Protection, 1(1), 26–31. [In Persian]
[20] Abadie, L.M., Sainz de Murieta, E. and Galarraga, I. (2017), “Investing in adaptation: flood risk and real option application to Bilbao”, Environmental Modelling & Software, Vol. 95, pp. 76-89.
[21] Albino, V., Berardi, U. and Dangelico, R.M. (2015), “Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives”, Journal of Urban Technology, Vol. 22 No. 1, pp. 3-21.
[22] Anvarifar, F., Voorendt, M.Z., Zevenbergen, C. and Thissen, W. (2017), “An application of the functional resonance analysis method (FRAM) to risk analysis of multifunctional flood defences in The Netherlands”, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 158, pp. 130-141.
[23] Berrang-Ford, L., Pearce, T. and Ford, J.D. (2015), “Systematic review approaches for climate change adaptation research”, Regional Environmental Change, Vol. 15 No. 5, pp. 755-769.
[24] Bibri, S.E. and Krogstie, J. (2017), “Smart sustainable cities of the future: an extensive interdisciplinary literature review”, Sustainable Cities and Society, Vol. 31, pp. 183-212.
[25] Bifulco, F., Tregua, M., Amitrano, C.C. and D’Auria, A. (2016), “ICT and sustainability in smart cities management”, International Journal of Public Sector Management, Vol. 29 No. 2, pp. 132-147.
[26] Brudermann, T. and Sangkakool, T. (2017), “Green roofs in temperate climate cities in Europe – an analysis of key decision factors”, Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 21, pp. 224-234.
[27] Bifulco, F., Tregua, M., Amitrano, C.C. and D’Auria, A. (2016), “ICT and sustainability in smart cities management”, International Journal of Public Sector Management, Vol. 29 No. 2, pp. 132-147, available at: https://doi.org/10.1108/IJPSM07-2015-0132
[28] Bulkeley, H., Coenen, L., Frantzeskaki, N., Hartmann, C., Kronsell, A., Mai, L., Marvin, S., McCormick, K., van Steenbergen, F., & Palgan, Y. V. (2016). Urban living labs: Governing urban sustainability transitions. Current Opinion in Environmental Sustainability, 22, 13–17. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.003

[29] Burke, M., Craxton, M., Kolstad, C., Onda, C., Allcott, H., Baker, E. and Greenstone, M. (2016), “Opportunities for advances in climate change economics”, Science, Vol. 352 No. 6283, pp. 292-293.
[30] Burton, I., Lim, B., Spanger-Siegfried, E., Malone, E.L. and Huq, S. (2005), Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies, and Measures, Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY.
[31] Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L.N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H. and Han, M. (2017), “Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives”, Water Research, Vol. 115, pp. 195-209.
[32] Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and Social ecology. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD), 1(1), 41–69. https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105
[33] Cartwright, A., Blignaut, J., D.,Wit, M., Goldberg, K., Mander, M., O’Donoghue, S. and Roberts, D. (2013), “Economics of climate change adaptation at the local scale under conditions of uncertainty and resource constraints: the case of Durban, South Africa”, Environment and Urbanisation, Vol. 25 No. 1, 0956247813477814.
[34] Chaudhury, A.S., Helfgott, A., Thornton, T.F. and Sova, C. (2016), “Participatory adaptation planning and costing. Applications in agricultural adaptation in Western Kenya”, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Vol. 21 No. 3, pp. 301-322.
[35] Chen, C., Doherty, M., Coffee, J., Wong, T. and Hellmann, J. (2016), “Measuring the adaptation gap: a framework for evaluating climate hazards and opportunities in urban areas”, Environmental Science & Policy, Vol. 66, pp. 403-419.
[36] Canfield, C., Klima, K. and Dawson, T. (2015), “Using deliberative democracy to identify energy policy priorities in the United States”, Energy Research & Social Science, Vol. 8, pp. 184-189, available at: https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.05.008
[37] Chini, C., Canning, J., Schreiber, K., Peschel, J. and Stillwell, A. (2017), “The green experiment: cities, green stormwater infrastructure, and sustainability”, Sustainability, Vol. 9 No. 1, p. 105.
[38] Corburn, J. and Sverdlik, A. (2017), “Slum upgrading and health equity”, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 14 No. 4, p. 342.
[39] Deng, Y., Cardin, M.A., Babovic, V., Santhanakrishnan, D., Schmitter, P. and Meshgi, A. (2013), “Valuing flexibilities in the design of urban water management systems”, Water Research, Vol. 47 No. 20, pp. 7162-7174.
[40] Dulal, H.B. (2017), “Making cities resilient to climate change: identifying “win–win” interventions”, Local Environment, Vol. 22 No. 1, pp. 106-125.
[41] Eze Ekechukwu, D. and Simpa, P. (2024), Engineering Science and Technology Journal, Vol. 5(4), pp. 1884–1908.
[42] Farzaneh, H., Suwa, A., Dolla, C.N.H. and de Oliveira, J.A.P. (2014), “Developing a tool to analyze climate co-benefits of the urban energy system”, Procedia Environmental Sciences, Vol. 20, pp. 97-105.
[43] Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A.Z. and Schepaschenko, D.G. (2015), “Boreal forest health and global change”, Science, Vol. 349 No. 6250, pp. 819-822.
[44] Giffinger, R. and Gudrun, H. (2010), “Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? ACE archit”, City Environment, Vol. 4(12), pp. 7-26.

[45] Gondhalekar, D. and Ramsauer, T. (2017), "Nexus city: operationalizing the urban water energy-food Nexus for climate change adaptation in Munich, Germany", Urban Climate, Vol. 19, pp. 28-40.
[46] Hallegatte, S., Henriet, F. and Corfee-Morlot, J. (2011), "The economics of climate change impacts and policy benefits at city scale: a conceptual framework", Climatic Change, Vol. 104 No. 1, pp. 51-87.
[47] Hay, J. and Mimura, N. (2006), "Supporting climate change vulnerability and adaptation assessments in the Asia-Pacific region: an example of sustainability science", Sustainability Science, Vol. 1 No. 1, pp. 23-35.
[48] Hollands, R.G. (2015), "Critical interventions into the corporate smart city", Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, Vol. 8 No. 1, pp. 61-77.
[49] Hunt, A. and Watkiss, P. (2011), "Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature", Climate Change, Vol. 104(1), pp. 13-49.
[50] IPCC (2001), Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
[51] IPCC (2014), "Climate change 2014: synthesis report: contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change", Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
[52] Komninos, N. (2002), Intelligent Cities: innovation, Knowledge Systems, and Digital Spaces, Spon Press, London, New York, NY.
[53] Kontogianni, A., Tourkolias, C.H., Damigos, D. and Skourtos, M. (2014), "Assessing sea level rise costs and adaptation benefits under uncertainty in Greece", Environmental Science & Policy, Vol. 37, pp. 61-78.
[54] Koop, S.H.A. and van Leeuwen, C.J. (2016), "The challenges of water, waste and climate change in cities", Environmental Development and Sustainability, Vol. 19(2), pp. 385–418.
[55] Krippendorff, K. (2013), Content Analysis: An Introduction to Its Methodology, 3rd ed., SAGE, Los Angeles, London.
[56] Lasage, R., Veldkamp, T.I.E., de Moel, H., Van, T.C., Phi, H.L., Vellinga, P. and Aerts, J.C.J.H. (2014), "Assessment of the effectiveness of flood adaptation strategies for HCMC", Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 14 No. 6, pp. 1441-1457.
[57] Ma, S., Goldstein, M., Pitman, A.J., Haghdadi, N. and MacGill, I. (2017), "Pricing the urban cooling benefits of solar panel deployment in Sydney, Australia", Scientific Reports, Vol. 7, pp. 43938.
[58] Markandya, A., Galarraga, I. and Sainz de Murieta, E. (Eds) (2014), Routledge Handbook of the Economics of Climate Change Adaptation, Routledge international handbooks, Routledge, Taylor and Francis Group, New York, NY.
[59] Martins, T.A.L., Adolphe, L., Bonhomme, M., Bonneaud, F., Faraut, S., Ginestet, S., Michel, C. and Guyard, W. (2016), "Impact of urban cool island measures on outdoor climate and pedestrian comfort: simulations for a new district of Toulouse, France", Sustainable Cities and Society, Vol. 26, pp. 9-26.
[60] Maryam, B. and Büyükgüngör, H. (2017), "Wastewater reclamation and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges", Journal of Water Process Engineering, Vol. 18, pp. 142–152.
[61] Matmir, S., Reckien, D. and Flacke, J. (2017), "What do New Yorkers think about impacts and adaptation to heat waves? An evaluation tool to incorporate perception of Low-Income groups into heat wave adaptation scenarios in New York city", ISPRS International Journal of Geo-Information, Vol. 6(8), p. 229.
[62] Mills, D., Schwartz, J., Lee, M., Sarofim, M., Jones, R., Lawson, M., Duckworth, M. and Deck, L. (2015), "Climate change impacts on extreme temperature mortality in

select metropolitan areas in the United States", Climate Change, Vol. 131(1), pp. 83-95.
[63] Nadal, A., Llorach-Massana, P., Cuerva, E., Lopez-Capel, E., Montero, J.I., Josa, A., Rieradevall, J. and Royapoor, M. (2017), "Building-integrated rooftop greenhouses: an energy and environmental assessment in the Mediterranean context", Applied Energy, Vol. 187, pp. 338-351.
[64] Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A.C., Mangano, G. and Scorrano, F. (2014), "Current trends in smart city initiatives: some stylised facts", Cities, Vol. 38, pp. 25-36.
[65] New Zealand, Ministry for the Environment (2004), Coastal Hazards and Climate Change: A Guidance Manual for Local Government in New Zealand, Ministry for the Environment, Wellington.
[66] Nicholls, R.J. (2007), "Adaptation options for coastal areas and infrastructure: an analysis for 2030", Report to the UNFCCC Secretariat, Financial and Technical Support Directorate, Bonn.
[67] OECD (2015a), Water and Cities: Ensuring Sustainable Futures, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
[68] Ostrom, E. (2010), "Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change", Global Environmental Change, Vol. 20 No. 4, pp. 550-557.
[69] Papa, R., Galderisi, A.V., Majello, M.C. and Saretta, E. (2015), "Smart and resilient cities: a systemic approach for developing cross-sectoral strategies in the face of climate change", TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment, Vol. 8(1), pp. 19–42.
[70] Paz, S., Negev, M., Clermont, A. and Green, M. (2016), "Health aspects of climate change in cities with Mediterranean climate, and local adaptation plans", International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 13 No. 4, p. 438.
[71] Pop, M.-D. and Pros,tean, O. (2018), "A comparison between smart city approaches in road traffic management", Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 238, pp. 29-36.
[72] Rajmis, S., Barkmann, J. and Marggraf, R. (2009), "User community preferences for climate change mitigation and adaptation measures around Hainich National Park, Germany", Climate Research, Vol. 40(1), pp. 61-73.
[73] Rosenzweig, C., Solecki, W., Hammer, S.A. and Mehrotra, S. (2010), "Cities lead the way in climatechange action", Nature, Vol. 467 No. 7318, pp. 909-911.
[74] Santamouris, M. (2016), "Innovating to zero the building sector in Europe: minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change", Solar Energy, Vol. 128, pp. 61-94.
[75] Serrano-Jimenez, A., Barrios-Padura, A. and Molina-Huelva, M. (2017), "Towards a feasible strategy in Mediterranean building renovation through a multidisciplinary approach", Sustainable Cities and Society, Vol. 32, pp. 532-546.
[76] Steeneveld, G.-J., Klompmaker, J.O., Groen, R.J.A. and Holtslag, A.A.M. (2016), "An urban climate assessment and management tool for combined heat and air quality judgements at neighbourhood scales", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 108, pp. 141–150.
[77] Stern, N.H. (Ed.) (2007), The Economics of Climate Change: The Stern Review, Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY.
[78] Stewart, M.G. (2015), "Risk and economic viability of housing climate adaptation strategies for wind hazards in southeast Australia", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Vol. 20 No. 4, pp. 601-622.
[79] Topi, C., Esposto, E. and Marini Govigli, V. (2016), "The economics of green transition strategies for cities: can low carbon, energy efficient development approaches be

adapted to demand side urban water efficiency?", Environmental Science & Policy, Vol. 58, pp. 74-82.

[80] Treuer, G., Koebele, E., Deslatte, A., Ernst, K., Garcia, M. and Manago, K. (2017), "A narrative method for analyzing transitions in urban water management: the case of the Miami-Dade water and sewer department: URBAN WATER TRANSITIONS", Water Resources Research, Vol. 53 No. 1, pp. 891-908.

[81] Turhan, E. (2016), "Value-based adaptation to climate change and divergent developmentalisms in Turkish agriculture", Ecological Economics, Vol. 121, pp. 140-148.

[82] UKCIP (2007), "Identifying adaptation options", UKCIP technical report, UK Climate Impacts Programme, Oxford.

[83] UNFCCC (2007), "Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries", United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat, Bonn.

[84] van de Ven, F.H.M., Snep, R.P.H., Koole, S., Brolsma, R., van der Brugge, R., Spijker, J. and Vergroesen, T. (2016), "Adaptation planning support toolbox: measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decisionmakers and stakeholders", Environmental Science & Policy, Vol. 66, pp. 427-436.

[85] Vargo, J., Stone, B., Habeeb, D., Liu, P. and Russell, A. (2016), "The social and spatial distribution of temperature-related health impacts from urban heat island reduction policies", Environmental Science & Policy, Vol. 66, pp. 366-374.

[86] Verma, M. and Negandhi, D. (2011), "Valuing ecosystem services of wetlands – a tool for effective policy formulation and poverty alleviation", Hydrological Sciences Journal, Vol. 56 No. 8, pp. 1622-1639.

[87] Watkiss, P. and Hunt, A. (2012), "Projection of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom up analysis: human health", Climatic Change, Vol. 112(2), pp. 273–291.

[88] Webster, J. and Watson, R.T. (2002), "Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review", MIS Quarterly, Vol. 26(2), pp. 8-23.

[89] Widener, J.M., Gliedt, T.J. and Hartman, P. (2017), "Visualizing dynamic capabilities as adaptive capacity for municipal water governance", Sustainability Science, Vol. 12 No. 2, pp. 203-219, available at: https://doi.org/10.1007/s11625-016-0408-y

[90] Zhou, Q., Halsnæs, K. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2012a), "Economic assessment of climate adaptation options for urban drainage design in Odense, Denmark", Water Science and Technology, Vol. 66 No. 8, p. 1812, available at: https://doi.org/10.2166/wst.2012.386